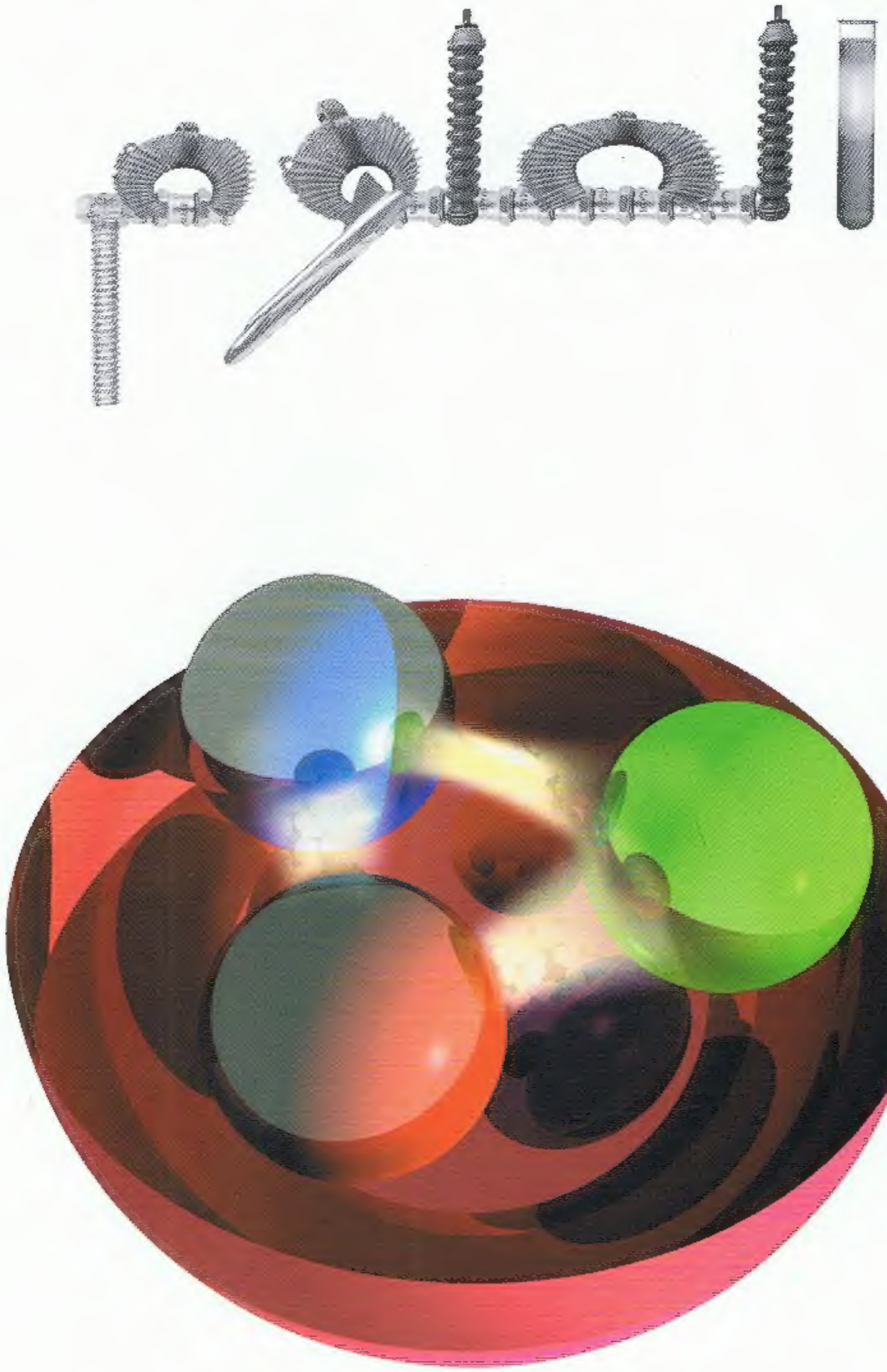
كتب الفراشة

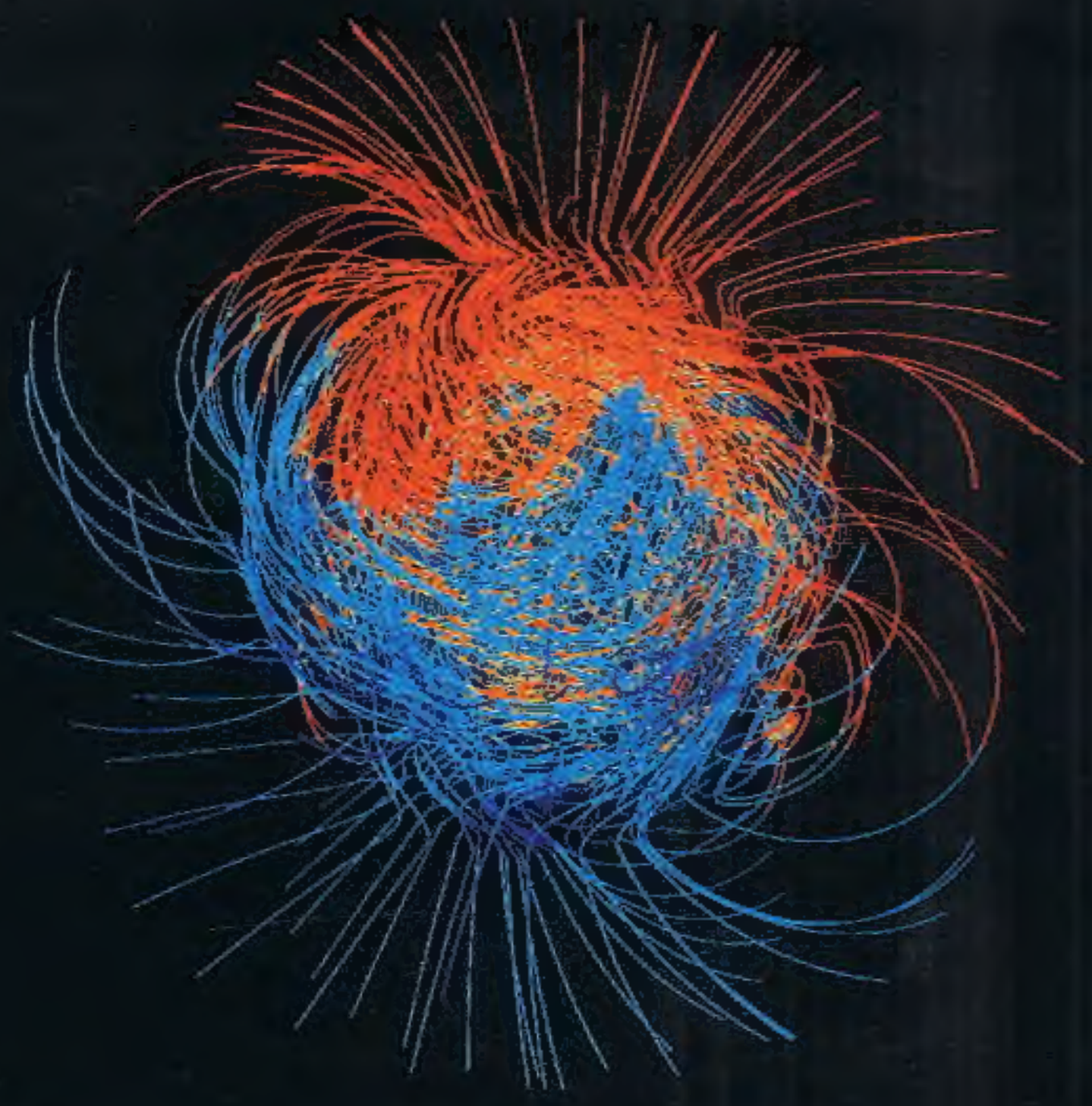
سلسلة نظريات وتطبيقات

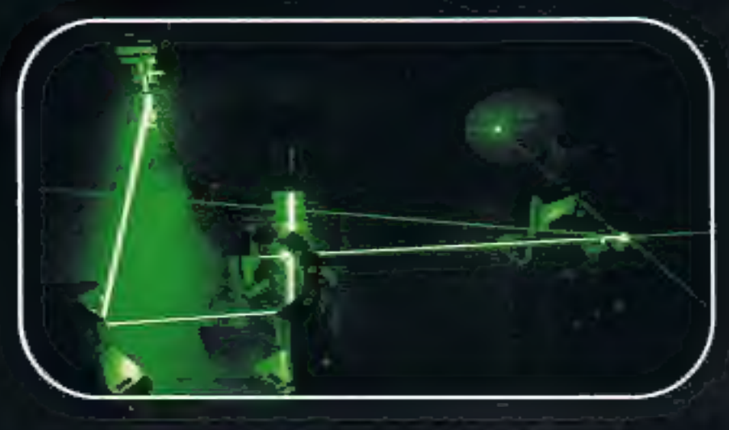
نَظَرِيّات وَتَطبيقَات

مَكتبة لبنان نَاشِرُون

نَظَرِيَّات وَتَطبِيقَات







نَظَرِيّات وَتَطبيقَات

أعَدّ النّصّ العَرَبِيّ

الدّكتور ألْبير مُطْلَق

مَكتَبة لبْنان نَاشِرُون

DK دُورلِنْغ كِندَرسْلي
مَكتبَة لبْنانْ نَاشِرُونْ ش.م.ل
نَشْر مَكتبَة لبْنَانْ نَاشِرُونْ
بالتّعاوُن مَع شركَة دُورلِنْغ كِندَرسْلي
حُقوق الطبْع © دُورلِنْغ كِندَرسْلي ليمتد، لندن - الطبعَة الإنْكليزيّة
حُقوق الطبْع © مَكتبَة لبْنان نَاشِرُونْ ش.م.ل - الطبعَة العَربيّة
جَميع الحُقوق مَحفوظة : لا يَجوز نَشْر أيّ جُزء مِن هَذا الكِتَاب أو تَصْويره
أو تَخزينه أو تَسجيله بأيّ وَسيلَة دُون مُوافقَة خَطّيّة مِن النّاشِر
مَكتبَة لبْنَانْ نَاشِرُونْ
صُندوق البَريد: 11-9232
بَيروت - لبْنَانْ
وُكلاء وَمُوَزّعونَ في جَميع أنحاء العَالَم
الطّبعَة الأولى : 2005
طُبِعَ في لبْنَانْ
ISBN 9953-33-931-7

المحتويات

6 الطَّريقة التي تعمَل بها العلوم

دراسة المادّة 8-37

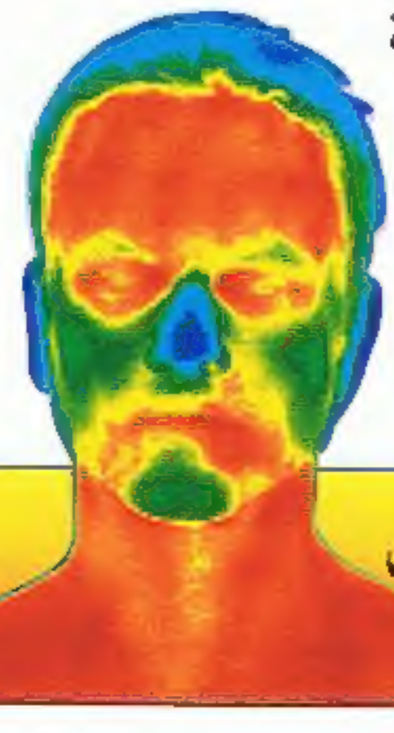
10 حالات المادّة
12 خَواصّ المادّة
14 الجَوامِد
16 البِلّورات
18 السوائل
20 الماء
22 كثافة السوائل
24 الطَّفْو والغَوْص
26 التوتُّر السَّطحيّ
28 الغازات
30 الهواء
32 ضغط السوائل
34 جَرَيان الموائع
36 الخلائط والمحاليل

الذَّرّات والعَناصر 38-59

40 المادّة وأجزاؤها
42 داخل الذرّة
44 العناصر والمُركّبات
46 فِلِزّات ولافِلِزّات
48 التفاعُلات الكيماويّة
50 الكيميائيّون وما يَعمَلون
52 الحَوامض والقواعد
54 أملاح وصابون
56 كيمياء الكَربون
58 عِلم الحياة

القوى والطاقة 60-81

62 القوى والطّاقة
64 القوى والحركة
66 الإحتكاك
68 السرعة والتسارُع
70 الجاذبيّة والكُتلة والوزن
72 التأرجُح والتَّدويم
74 استكشاف الطاقة
76 الطاقة والعمل
78 المُسنَّنات والبَكَرات
80 الوقت والحركة



الحرارة والصَّوت 82-99

84 جُزيئات تتحرَّك
86 الحرارة ودرجة الحرارة
88 الطاقة الحراريّة والمُحرِّكات
90 التمدُّد والتقلُّص
92 إنتقال الحرارة
94 إهتزازات الصَّوت
96 السرعة والتردُّد
98 صُنْع الموسيقى

الضَّوء واللَّون 100-121

102 مَوجات مرئيّة
104 الضَّوء والظِّلّ
106 الإنعكاس
108 إنكسار الضَّوء
110 وَهْم بصريّ
112 أكثر ممّا تراه العُيون
114 آلات تصوير
116 أفلام سينمائيّة
118 مَوجات وألوان
120 مزْج الألوان

الكهرباء والمِغنَطيسيّة 122-149

124 الوُصلة المناسبة
126 كهرباء ساكِنة
128 كهرباء سارية
130 الدارات الكهربائيّة
132 كيمياء كهربائيّة
134 المِغنَطيسيّة
136 المَغانِط
138 وصلات كهربائيّة
140 تَوليد الكهرباء
142 صنْع الموتورات
144 الإلكترونيّات والرقائق
146 الراديو
148 الكومبيوتر

150 تعريفات
156 مَسرَد (كَشّاف)

الطَّريقة التي تعمَل بها العلوم

بإمكانِ العُلماء أن يُنتِجوا جُزيئات بحجم حُبَيبات غُبار الطَّلْع تدوَّمُ كما تدوِّمُ المَراوِح. بإمكانِهم أن يفعَلوا ذلك مُستخدِمين نبائطَ، أو أدواتٍ، تلتقِطُ ذَرّات مفرَدة وتُحرِّكها. وهم قادرون باستخدام «مِقصّات» كيماويّة على قطع الجينات، أو المُوَرِّثات، ووصْلِها ونقْلِها من كائن حيّ إلى آخر. بإمكانِهم أن يولِّدوا طاقة كهربائيّة من ضوء الشمس، وأن يُنعِموا النظر في الدماغ، وأن يَسبُروا أعماق الفضاء لكشْف أسرار الكون. على أنّ العِلم لا يتعلَّقُ فقط بكلّ ما هو مُدهِش ورائع. وراء كلّ ما يحدُثُ في عالَمنا عِلْم – إذ تسقُطُ كُرة، أو ينطلِقُ صاروخ؛ إذ يلمَعُ بَرْق أو يُدوّي رعْد؛ إذ تطيرُ طيور أو تسبَحُ أسماك؛ إذ يتجمَّدُ ماء أو تَسيلُ حُمَم بُركانيّة؛ وإذ يحترِقُ عود ثِقاب.

ثلاثة علوم بارزة

لننظُرْ في ما وراء عودِ الثِّقاب من علوم. عندما تُشعِلُ عود ثِقاب، تولِّدُ عضلات أصابِعك قوّة تشُدُّ العود فوق سطح خشِن. الإحتكاك بين رأسِ العود والسطح الخَشِن يولِّدُ طاقة حراريّة، وهو ما يتسبَّبُ في رأس العود بتفاعُل كيماويّ يُطلِقُ المزيد من الطاقة على شكل حرارة وضوء. إذا تَرَكتَ عود الثِّقاب يحترِقُ إلى آخِره فسوف يَصِلُ إليك اللَّهبُ ويُحرِقُ أصابِعَك. إذا حدثَ ذلك فإنّ نهاياتٍ عصبيّةً في أصابِعك تُرسِلُ إلى دِماغك رسائلَ بما تُحِسُّ به من ألَم وتُجبِرُ أصابِعَك على إفلاتِ العود المُحترِق. العلوم الرئيسيّة الثلاثة

تجارب – السَّلامة قبل كلّ شيء

إحرِصْ على أن تقرأ التجربة بانتباه، قبل القيام بها. فكِّرْ أوّلًا في الحوادث التي يُمكِنها أن تحصُل، وكُنْ مستعدًّا لمواجهتها. عليك أن تقدِّر ما إذا كان في التجربة ما يمكن أن يتسبَّب لك أو لغيرك بأذًى. وهذا ما يُدعى بتقدير الأخطار. إليك قائمة بأشياء لا بُدّ من النظر فيها قبل القيام بأيّ نوع من أنواع التجارب العِلميّة.

تذكَّرْ هذه النقاط العامّة

- أخبِرْ راشدًا في الحال عن أيّ حادثة تقَع، أيًّا كان نوعها، في أثناء القيام بالتجربة. لا تحاولْ أن تُزيل حُطام شيء بنفسك.
- اتَّبِع التعليمات بانتباه دائمًا. اسألْ إذا لم تكن واثقًا من خطواتك.
- لا تستخدِمْ موادّ كيماويّة أو مُعدّات من غير استئذان.
- إلبَسْ نظّارات واقية للعَينين حيث كان ذلك لازمًا.

التَّسخين

- عند التسخين، إلبَس دائمًا نظّارات واقية للعَينين واعقِدْ إلى الخلف الشعر الطويل والثياب الفضفاضة.
- إذا كنت تسخِّن سائلًا في أنبوب اختبار، امسِكْه دائمًا بطريقة سليمة – استخدم ملاقط ووجِّهها دائمًا بعيدًا عنك وعن أيّ شخص غيرك. إيّاك أن تنظُر مباشرةً إلى أنبوب اختبار مُحمّى.
- إذا لَزِمَك أن تلتقِط مُعدّات حامية، استخدِمْ دائمًا ملاقط و/أو قُفّازات مانعة للحرارة. دعِ المُعدّات تبرُد قبل وضعها في أماكنها.
- ليكن في مُتناوَل يدك دائمًا مُطفِئة حرائق أو بطّانية إطفاء خشية وقوع حادثة غير متوقَّعة. إذا أصابك حَرْق، عرِّض موضع الحَرْق لماء بارد وأَعلِمْ راشدًا.

كَسْر التوتُّر السطحيّ باستخدام مادّة تنظيف.

استخدام الموادّ الكيماويّة

- إيّاك أن تضع موادّ كيماويّة في فمك أو قربه.
- إغسِلْ دائمًا يديك بعد كلّ اختبار تستخدم فيه موادّ كيماويّة.

إذا أصابت الموادّ الكيماويّة جلدك أو دخلت في عينيك، اغسِل موضع الإصابة حالًا بالماء فقط وأَعلِمْ راشدًا.

المُعدّات الكهربائيّة

- إيّاك أن تقوم بتجارب تستخدم فيها خطّ الكهرباء الرئيسيّ.
- إذا كنت تستخدم مُعدّات كهربائيّة، غير تلك التي تشغّلها البطّاريات، تأكّدْ أنّ تلك المُعدّات بعيدة عن أيّ ماء. إيّاك أن تلمِسَ مُعدّات كهربائيّة بأيدٍ مبلّلة.
- إيّاك أن تفكّك مُعدّات كهربائيّة.

اختبار الحمضيّة

للسَّلامة عِلْم

في هذا الكتاب استخدمنا رُموزًا لتعيين ما إذا كان إجراء التجربة في المنزل بإشراف راشد أمرًا آمنًا، أم ينبغي إجراؤها في مختبر المدرسة فقط. إذا لم يكن يرافق التجربة رمز من أيّ نوع كان، فهذا يعني أنّه يمكن القيام بها من دون إشراف. على أنّ عليك دائمًا أن تُعلِمَ راشدًا بما تنوي القيام به.

تعالَ نقومُ بتجربة
قوانينُ الإنعكاس

إشراف راشد
هذا الرمز يعني أنّ التجربة يمكن إجراؤها فقط بإشراف راشد.

تجارب
نقاطُ الإنصهار

تجارب مُختبَرات
عليك ألّا تقوم بهذه التجارب في المنزل. اسأل راشدًا، مثل مُدرِّس العلوم، أن يُجريَها معك في مُختبَر المدرسة.

تصوير بالرَّنين المغنطيسيّ (بالألوان) لدماغ سليم.

– الفيزياء والكيمياء وعِلم الحياة – لها دَور في إشعال عود الثِّقاب. عِلم الفيزياء هو دراسة الطاقة والقوى والمادّة. وله فروع عدّة. على سبيلِ المثال، في الفيزياء النَّوويّة، يدرُسُ العلماء القوى والطاقة في نوى الذَّرّات. عِلم الكيمياء هو دراسة خواصّ العناصر الكيماويّة والموادّ الأخرى كلّها التي يتكوَّن منها عالَمنا، ودراسة تفاعُلها بعضها مع بعض. أمّا عِلم الحياة فهو دراسة الكائنات الحيّة – الإنسان والحيوان والنَّبات وأشكال الحياة الأخرى، مثل البكتيريا والفُطور. في هذا الكتاب، سنتناوَل بصورة رئيسيّة العلوم الطبيعيّة – أي علوم الفيزياء والكيمياء.

أسلوب عِلميّ

كلمة عِلم تعني المعرفة. ونحن نفكّرُ فيها بنَوع خاصّ على أنّها معرفة للعالَم من حولنا – ما شكله، كيف يتغيَّرُ، وما الذي يحرِّكُه. يقومُ العلماء بجمع هذه المعلومات بطريقة خاصّة، تَستنِدُ إلى صِفتَين – المُلاحظة والتجربة. يَرَون شيئًا يحدُثُ فيُسجِّلون مشاهداتهم بدقّة. ثمّ يَجيئون بفكرة مُحتمَلة، أو نظريّة يمكن أن تفسِّر مُشاهَداتِهم. الخطوة التالية تكون بالقيام بسلسلة من التجارب للبُرهان على صحّة تلك النظريّة. قد تأتي نتائج التجارب مؤيِّدة، وفي هذه الحالة قد يكون بإمكانِ العُلماء أن يجعَلوا من نظريّتهم قانونًا. وقد تأتي النتائج غير مؤيِّدة، فيكون على العُلماء أن يأتوا بنظريّة أخرى وأن يقوموا بتجارب جديدة. في أثناء عملهم قد يقع العُلماء على أشياءَ جديدةٍ ذاتِ أهمّيّة لم يكونوا واعينَ لها. إكتشَفَ وِلْيَم هَنْري بيرْكِن أحد أوائل الأصبغة الاصطناعيّة، وهو الموقّين، في أثناء محاولته صنْع كينين اصطناعيّ. وعندما كان پيار وماري كوري يدرُسانِ إشعاع اليورانيوم وَجَدا عُنصُرًا مُشِعًّا جديدًا أسمياهُ البولونيوم.

فَتيلة اللَّمبة تشِعُّ بحرارة بيضاء.

أنت تَصنَع

أنت تَسيرُ، إذ تَقومُ بتجارب هذا الكتاب، على خُطى العُلماء العِظام. بإمكانِك، مثل أولئك العُلماء، أن تحصِّل المعرفة بالملاحظة، أو المُشاهدة، والتجربة. قبل البدء بتجربة، اقرأ التعليمات برويّة. إسألْ راشدًا أن يشرَحَ لك ما لا تفهَمُه. خُذْ وقتك في التفكير في ما ستقومُ به. إذا لم تنجَحِ التجربة في المرّة الأولى، دقِّقْ في الخطوات التي قمت بها. في التجارب الكهربائيّة، على سبيلِ المثال، تأكَّدْ من أنّه ليس هناك انقطاع في الدارة الكهربائيّة. إحتفِظْ بمُفكِّرة لتَجارِبك وسجِّلْ تاريخ إجراء كلّ تجربة، وما فَعَلتَ، وما لاحَظتَ، أو شاهَدتَ، ودوِّنِ النتائج التي تتوصَّلُ إليها. في بعض التجارب، على سبيلِ المثال تجربة البَنْدول الرَّقّاص، تحتاجُ إلى مقارنة نتائجك للتوصُّل إلى قوانين البَنْدول الأساسيّة.

في طَليعة المَوكِب

إذ تقرأُ في هذا الكتاب وتقومُ بالتجارب، ستُدرِكُ أنّ العِلم واحد من أعظم الموضوعات إثارة للدَّهشة. نادرًا ما يمُرُّ يوم من غير أن يُعلَن عن تقدُّم عِلميّ جديد. في السِّنينَ الآتيةِ، قد تكونُ في طَليعةِ مَوكِبِ الثَّورة المتواصِلة التي هي العِلم. قد تكتشِفُ عِلاجًا جديدًا لمُقاومة مرض السَّرَطان؛ أو تبني روبوتات ذكيّة تعمَلُ وتفكِّرُ؛ أو تصمِّمُ مُفاعِلَ اندماج نَوويّ يوفِّرُ للعالَم مَصدَرَ طاقة لا يَنفَد. بل قد تكون من بين أوائلِ العُلماء الذين يَهبِطون على سطح المِرّيخ ويَبحَثون عن آثار تَدُلُّ على حياة قديمة كانت هناك.

صاروخ منزليّ الصُّنْع يَنطلِقُ بقوّة نَفْث مائيّ.

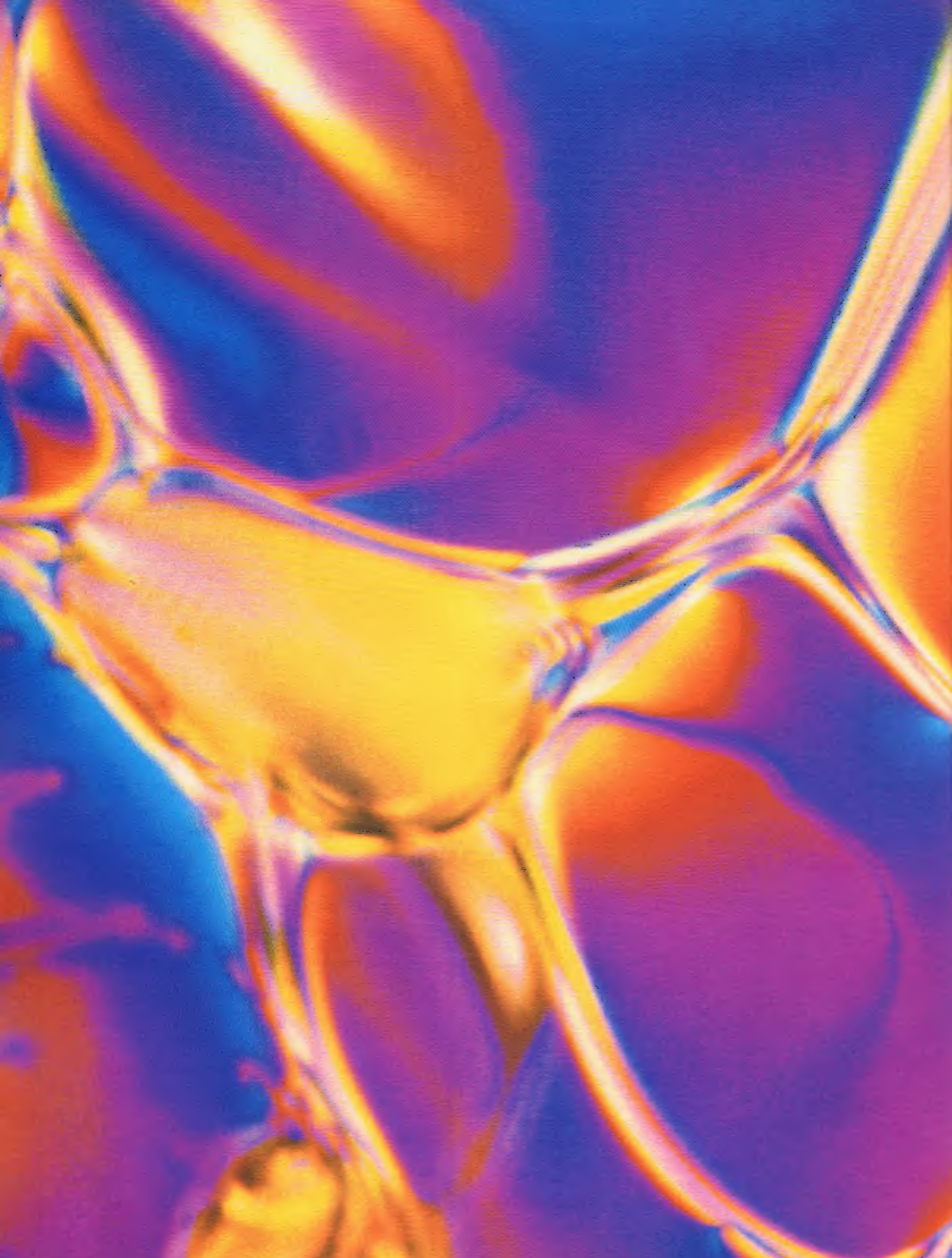
خانات الإحالات

تَجِدُ مثل هذه الخانات في بعض الصفحات. وهي تتناول جانبًا من العِلم الذي يُدرَس في تلك الصفحة لكنّ لها علاقة أيضًا بالعِلم في صفحة أخرى. على سبيلِ المثال، هذه الخانة (إلى اليسار) عن التِّلسكوبات الراديويّة تَجِدُها في الصفحة 147 وهي تُحيلك إلى الصفحة 112، حيث تُدرَس التِّلسكوبات.

◄ رسائل في الفضاء ►

في العام 1932، اكتشَفَ المُهندِس الكهربائيّ الأميركيّ كارل يانسْكي موجات راديويّة مصدَرها الفضاء، فبدأ بذلك عصْر عِلْم الفَلَك الراديويّ. الفَلَكيّون يلتقِطون الموجات الراديويّة من الفضاء بواسطة تلسكوبات ضخمة طبقيّة الشكل. وإنّ دراستهم للكَون الراديويّ قادتهم إلى اكتشاف أجرام نَجميّة جديدة، مثل الكويزرات والپُلسارات والمجرّات الراديويّة. 112 ◄

لتلسكوب پارْكس الراديويّ في نيو ساوث ويلْز، استراليا، طبق قُطره 64 م.



دراسة المادّة

الصورة: بِلّور سائل التُقِطت صورتُه بواسطة ضوءٍ مُستقطَب عبر ميكروسكوب بَصَريّ.

حالات المادّة

كلُّ ما حولَنا يَتركَّبُ من مادّةٍ، بما في ذلك أجسامُنا. تَتشكَّلُ المادّةُ من ذَرّاتٍ وتُعرَفُ كَمّيّةُ المادّةِ في جِسمٍ بكُتلتِهِ. أشيَعُ حالاتِ المادّةِ ثلاثٌ هي الجوامدُ والسَّوائلُ والغازاتُ. على أنّ للمادّةِ حالاتٍ أخرى، ومنها البلازْما، التي يُمكِنُ أن تَتشكَّلَ بدرجةِ حرارةٍ فائقةِ الإرتفاعِ أو فائقةِ الإنخفاضِ. وقد تَتحوَّلُ المادّةُ إذا توافَرَتِ الشُّروطُ المُناسِبةُ من حالةٍ إلى أخرى. عندما تَنصهِرُ المعادنُ، على سبيلِ المثالِ، تَتحوَّلُ إلى سوائلَ، وعندما تَغلي السَّوائلُ تَتحوَّلُ إلى غازاتٍ.

الجَوامِد

الذرّات والجُزَيئات في الجوامد لا تتحرَّكُ بحُرّيّة كما هي حال الجُزيئات في السوائل والغازات. هذا يعني أنّ بإمكانِك أن تلتقِطَ الجوامد، في حين أنّ السوائل تتسرَّبُ من بين يديك. تَجمُّعُ الذرّات في السائل إمّا أن يكون بلّوريًّا أو لابلّوريًّا. إذا كان بلّوريًّا، تتجمَّعُ الذرّات على شكل نَمَط بعَينه يتكرَّرُ بانتظام. وإذا كان لابلّوريًّا، يكون تجمُّعها أقرب إلى العَشوائيّة.

هذه الصخرة والماسة المُحتبَسة فيها كلاهما من الجوامد.

السَّوائل

تركيب السائل هو وسط بين تركيب الجامد وتركيب الغاز. السوائل تَسيلُ في الإناء لتأخُذَ شكْلَه، في حين أنّ الجوامد تبقى في الإناء الذي تُوضَع فيه على حالِها. الذرّات والجُزيئات في السوائل أقدرُ على حُرّيّة الحركة منها في الجوامد وأقلُّ قُدرة منها في الغازات. بإمكانِها في السوائل أن تنزلِقَ مُتجاوِزةً بعضها البعض، ولذا يَسلُ السائل. في بعضِ السوائل، تَجِدُ بعض الجُزيئات صُعوبة في الإنزلاق والتجاوز وتكون السوائل عندئذٍ أصعبَ سَيَلانًا، ونقول إنّ لها لُزوجة عالية.

الغازات

الجُزيئات أكثر تباعُدًا في الغازات ممّا هي في السوائل وأكثر قُدرة على الحركة. وتتصرَّفُ وكأنّما هي مُنفصِلة بعضه عن بعض كلّ الإنفصال، وهذا يعني أنه ليس للغازات بِنية وهي تتمدَّدُ لتملأ الحَيّزَ المُتاح. على أنّ الذرّات تتلاقى إذ تتصادَمُ في حركتها الدائمة بعضها ببعض. معظم أنواع الغازات غير مرئيّة. حتّى البُخار المُتصاعِد من إبريق الماء الغالي لا يُرى إلى أن يتكثَّفَ على شكل ضباب من القُطَيرات السائلة. لكن يمكنُ اكتشافُ بعض الغازات عن طريق روائحها.

غاز فوق أُكسيد النّتروجين يَنتِجُ عن تفاعُل كيماويّ.

حالات مُتغيِّرة

إذا سُخِّنَ جسم جامد إلى درجة حرارة معيَّنة، تُعرَف بنُقطة الإنصهار، يتحوَّلُ إلى سائل. وإذا سُخِّنَ سائل إلى نُقطة الغَلَيان يتحوَّلُ إلى غاز. هذا التحوُّل يُعرَف بتغيُّر المادّة من حالة إلى أخرى. للتبريد الأثر نفسه، فهو يُكثِّفُ الغازات إلى سوائل ويُجمِّدُ السوائل. للموادّ المختلفة نِقاط انصهار وغَلَيان مختلفة. ودرجات حرارة هذه النقاط تتغيَّرُ بتغيُّر الضغط المُحيط أو بإضافة مادّة أخرى. الضغط الأقلّ يُخفِضُ نُقطة غَلَيان الماء، لذا يَغلي الماء في قمّة جبل إفرِسْت عند 82° س بدل 100° س. مقابل ذلك، فإنّ إضافة المِلْح ترفَعُ نُقطة غَلَيان الماء، لذا يَغلي الماء المالح في درجة أعلى من درجة غَلَيان الماء النَّقيّ.

البلازْما

إلى جانب حالات المادّة الرئيسيّة الثلاث، الجوامد والسوائل والغازات، حالات أخرى للمادّة غير مألوفة مثل البلازْما. البلازْما هي غاز من نوع خاصّ يتشكَّلُ من أجزاء من الذرّات. تتشكَّلُ البلازْما إمّا عندما يُحمّى

إذا صُبَّت السوائل بسرعة، يمكن أن تولِّدَ من القوّة ما يكفي لقَلْب الكوب، كما في تجربة هذه الصورة.

جدول زمنيّ

نحو 265 ق.م
الرياضيّ اليونانيّ أرخميدس يكتشف الكثافة النّسبيّة.

1644
الفيزيائيّ الإيطاليّ إفانجليستا تورشيلّي يصنع أوّل بارومتر، أو مقياس للضغط الجويّ.

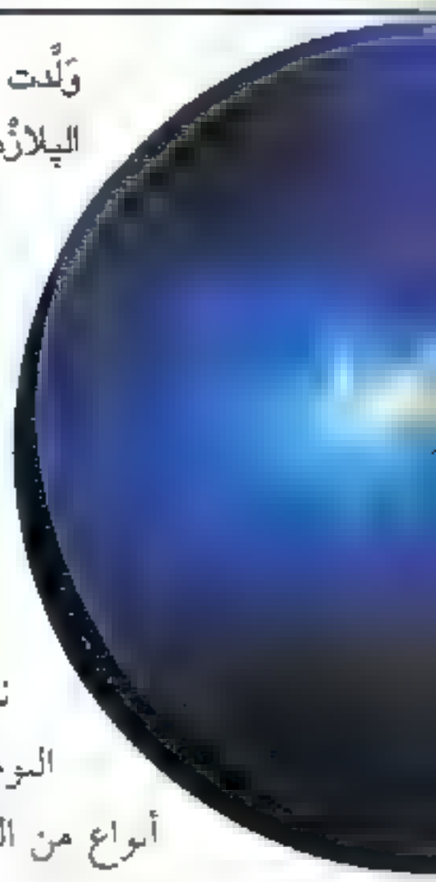
1662
العالِم الإيرلنديّ روبرت بويل يربطُ بين ضغط الغاز وحجمه.

1738
الرياضيّ السويسريّ دانيال برنولي يَصِف حركة السائل والغاز.

1774
الكيميائيّ الإنجليزيّ جوزف بريستلي يُنتِجُ الأكسجين.

1781
عالِم المعادن الفرنسيّ رينيه جيست آيي يكتشف شكل البلّورات الداخليّ.

وَلّدت الكهرباء من الغاز تيّاراتٍ من البلازْما داخل كُرة البلازْما هذه.



عار إلى درجة فائقة الحرارة، أو عندما يُمرَّرُ عبره تيّار كهربائيّ. في الحالتين، تنفصِلُ الإلكترونات عن ذرّاتها. تُنتِجُ الشمس البلازْما على نحو طبيعيّ، لكنّ العُلماء اليوم يَقومون بتجارب لإنتاج أنواع من البلازْما اصطناعيًّا ليرَوا ما إذا كان بالإمكانِ استخدامها في تَوليد الطاقة الكهربائيّة في محطّات الطاقة المُستقبَليّة.

مُضادّ المادّة

تتكوّنُ الكون من المادّة، لكنّ التجارب الحديثة تدُلُّ على أنّه عندما تشكّلَ الكون إثر الإنفجار الكبير، تكوّنت كمّيّات مُتساوية من المادّة ومن مُضادّ المادّة.

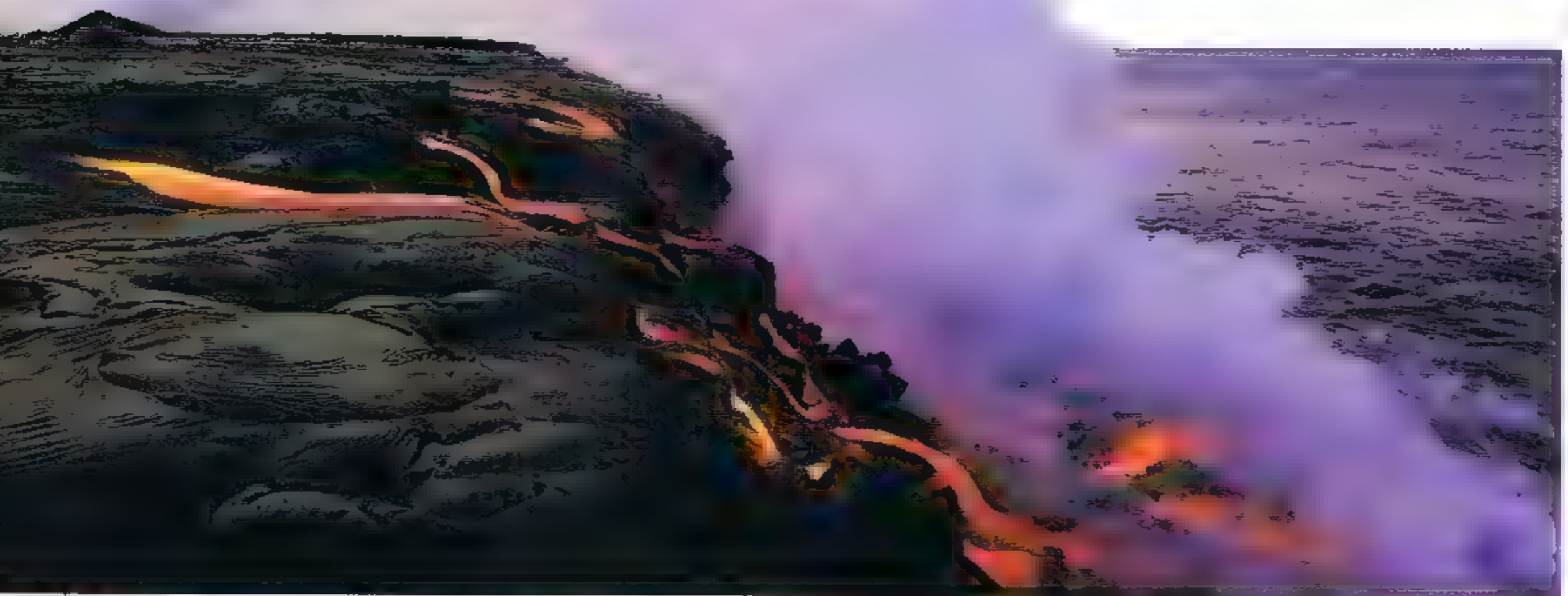
تقذفُ البراكين الثائرة صُخورًا مُنصهرة نُسمّيها حُمَمًا بركانيّة. الحُمَم في هذه الصورة تَسيل نحو البحر، حيث تبرُد. وإذ ذاك تتغيّر حالتها من حُمَم سائلة إلى صُخور جامدة.

مُضادّ المادّة أشبه بصورة مِرآويّة للمادّة. لكلّ جُسَيم في المادّة جُسَيم مقابل من مُضادّ المادّة، وعندما يَلتقيانِ يُدمِّر أحدهما الآخر. لا يعلَمُ أحد كيف نعيش في كون يتشكّلُ كلّه من المادّة، حيث إنّ الكمّيّات المتساوية من المادّة ومُضادّ المادّة التي تشكّلَت في الأصل كان لا بُدَّ أن تُدمِّرَ بعضها بعضًا. إنّ التجارب التي يُجريها العُلماء على مُضادّ المادّة المُنتَج في المختبرات يُؤمَل أن تُساعِدَ يومًا في اكتشاف الطريقة التي نَشأ بها الكون.

المادّة المُظلِمة

قد يكون نحو 90 بالمئة من الكون مُشكّلًا من نوع غامِض من المادّة نُسمّيه المادّة المُظلِمة. لم يَكتشِفِ العُلماء بعد ممّا تتشكّلُ المادّة المُظلِمة، لكنّها قد تكون مُحتوية على أنواع جديدة من الجُسَيمات لم تُكتشف بعد. لا تُرى المادّة المُظلِمة ولا يُكتشَف أمرها مباشرةً، لكنّ العُلماء يعتقِدون بوجودها لما يبدو أنّها تتركُ من أثر في المادّة التي نُمكِنُنا رؤيتها وتحرّيها.

يُمكن إنتاج مُضادّ المادّة عبر تجارب فيزياء الجُسَيمات. تُري هذه الصورة المَسارات التي تُشكّلُها الإلكترونات (باللون الأخضر) والبوزِتْرونات، أو الإلكترونات الموجَبة الشّحنة، (باللون الأحمر). البوزِتْرونات هي ضَديد، أو الجُسَيمات المُضادّة، للإلكترونات.



1783 الكيميائيّ الفرنسيّ أنطوان لافوازييه يكتشف أنّ الماء يتشكّل من هيدروجين وأكسجين.

1787 الفيزيائيّ والكيميائيّ الفرنسيّ جاك شارل يربُط بين حرارة الغاز وحجمه.

1812 عالِم المعادن الألمانيّ فريدريك مور يُحدّد بمقياس الصَلابة.

1912 الفيزيائيّ الألمانيّ ماكس فون لاو يخترع دراسة اللّورات بالأشعّة السينيّة.

1928 الفيزيائيّ النّظريّ الإنجليزيّ بول ديراك يتوقّع وجود مُضادّ المادّة.

1932 الفيزيائيّ الأميركيّ كارل أندرسن يكتشف مُضادّ المادّة.

خَواصّ المادّة

يُمكِنُ تحديدُ أنواعِ المادّةِ المُختلفةِ من خلال خَواصِّها المُختلفةِ. الخواصُّ الميكانيكيّةُ الرّئيسيّةُ للمادّةِ تَشتمِلُ على الصّلابة والكثافةِ والقوّةِ والمُرونةِ. تَختَصُّ بعضُ هذه الخَواصّ بحالاتٍ مُعيَّنةٍ للمادّةِ — الجَوامِدُ قد تكونُ مرِنةً، لكنّ السّوائلَ والغازاتِ ليس لها هذه الخاصّةُ. على أنّ خَواصَّ أخرى، مثلَ الكثافةِ، تكونُ في حالاتِ المادّةِ المُختلِفةِ. للموادِّ المُختلِفةِ أيضًا مُختلِفةٌ كلّ الإختلافِ من هذه الخَواصّ، على سبيلِ المثالِ قد يكونُ الهواءُ أقلَّ كثافةً من الماءِ بنحوِ ألفِ مرّةٍ. عند تَطويرِ موادَّ جديدةٍ، يَستخدِمُ الصّناعيّونَ اختباراتٍ عياريّةً يَدرُسونَ بواسِطتِها الخَواصَّ المُختلِفةَ لتلك الموادِّ.

هذا النابِض الممطوط جدًّا لا يعودُ فيَرتدُّ إلى وَضعه الأصليّ

الصَّلابة

مُقاومة الجامد للتَّقْر أو للخدْش تُسمّى صلابته. أصلب الموادّ في طبيعة هو الماس. الماس يُمكِنُ أن يخدش كلّ جامد آخر. وكلّ مادة أخرى يُصنَع منها كثيرٌ مما يُستخدمُ في الصناعة لتقطيع. تُري هذه الصورة (إلى اليمين) كيف يُستخدم الخدْش لمُقارنة الصلابة. كُسيت مواد جامد في معجون تشكيل، ثمّ استُخدمت كلّ مواد نفسها لخدشها بمسطَرة معدنية. تخدش المواد لأخرى كلّها، باستثناء خدش لوح شوكولاتة إلّا نفسه (والمعجون تشكيل). أيّ مواد المُستخدمة كانت لأشدّ صلابة؟

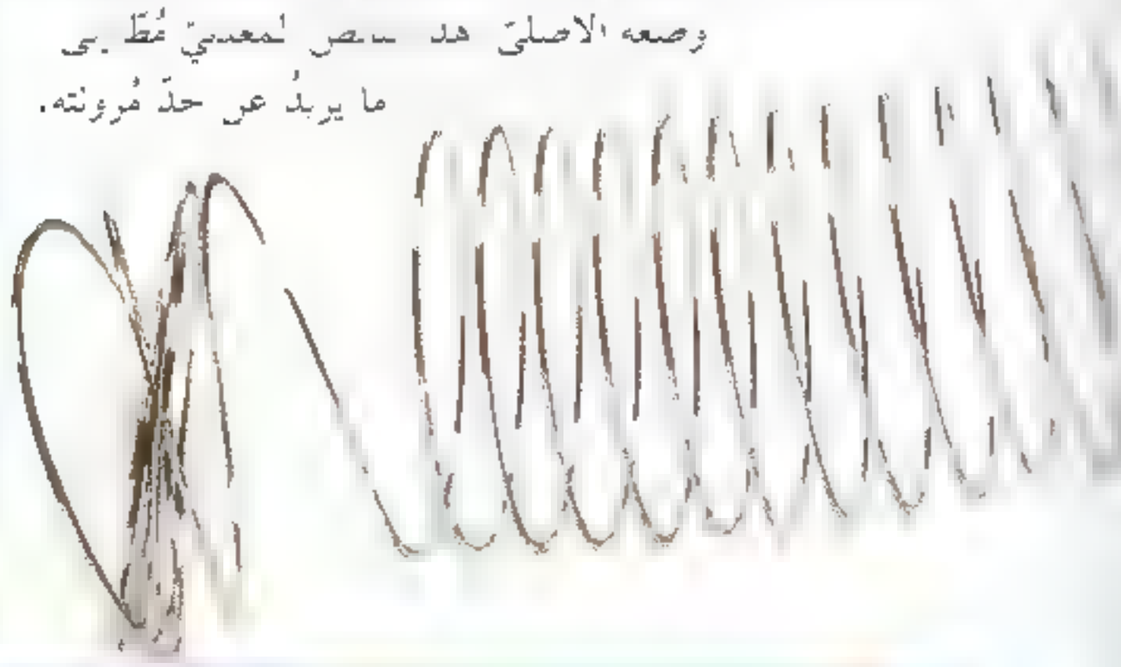
القوّة

مِقدار الشدّة، أو الإجهاد، الذي تحتمِلُه مادّة قبل أن تتكسّر تُسمّيه قوّتها. القوّة تتنوّعُ كثيرًا. قوّة بعض الموادّ تختلفُ باختلاف نوع الشدّة التي تُمارَس عليها. فالحرسانة قويّة حين تتعرّضُ للضغط، لكنّها تضعُفُ كثيرًا حين تتعرّضُ للمَطّ. أعمدة الحرسانة الداعمة للطّرق المُعلّقة (أعلاه) تضغطُ عليها الطّرق التي تحمِلُها.

تُستخدَم كلّ مادّة لإختبار الصّلابة مقارَنة للموادّ الأخرى.

المُرونة

د ارتدّ جسم جامد، بعد مَطّه، إلى شكله وحَجمه الاصليّين، نقول إنه مرن، أو لدن. إذا كانت القوّة المُستخدمة في مطّ مادة أكبر من «حدّ المُرونة» تلك المادة، يَفقدُ الجسم تمطوطه، أي يَعجزُ عن الارتداد إلى وضعه الاصليّ عند التوقف لمعدنيّ مُطّ إلى ما يزيدُ عن حدّ مُرونته.



التقصُّف

عندما تُطرَق جوامد تعيبها مثل قطع السكاكر (أعلاه) فإنها تتكسّرُ. نقول إنّها قصفة لأنّها تكادُ لا تلتوي أو تنضغطُ قبل أن تتكسّر. مقابل ذلك، المواد المطيلة أخرى كثيرٌ وتميل إلى الالتواء قبل أن تكسر. يتكسّر كوب بلاستيكيّ إذا ما وقع أرضًا، لكنّ باب السيّارة المَطيل يبقى عند وقوع حادث ويتشوّه

موادّ ذكيّة

الموادّ الملائمة للتكيُّف مع المتغيّرات المفاجئة تُسمّيها موادّ «ذكيّة». معظم هذه المواد مرتدّ بعد ليّه إلى وضعه الطبيعيّ. من المعادن الذكيّة نوع عديدة. لبعضها محسّسٌ داخلة في تركيبها تُنبّهُ المهندسين إلى أنّها توشك أن تتكسّر. وبعضها يغيّرُ خواصّه وَفق الظروف المحيطة.

تعال نجرّب

قياس الكثافة

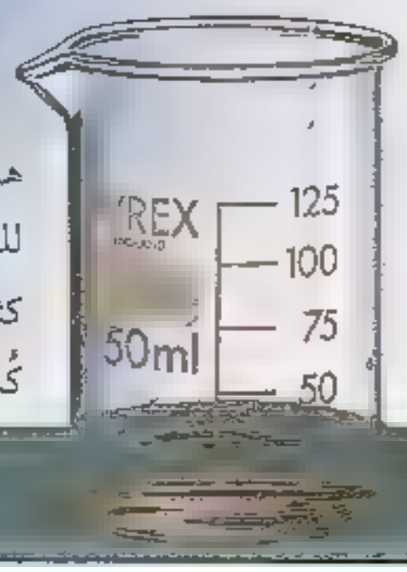
الكثافة هي كمّيّة المادّة المتوفّرة في حجم معيّن. كُتلة الخشب أقلّ كثافة من كُتلة مُماثلة الحجم من الحديد. تُريك هذه التجربة كيف تحصُلُ على كثافة جسم. **اللوازم**: رشد يُشرف ويُساعد؛ ميزان مصحّح؛ قِنّينة شراب بلاستيكيّة؛ قشّة شُرب (شفّاطة) بلاستيكيّة؛ معجون تشكيل؛ إبريق كيل؛ جسم جامد لإختباره.

1 استخدم الميزان لتزن كلّ جسم تنوي اختباره، فحصُل على كُتلة الجسم. الكُتلة هي كمّيّة المادّة في الجسم، بينما الوزن هو القوّة التي تُوقِعها الجاذبيّة عليه. الوزن يتغيّر بتغيُّر الجاذبيّة – في الفضاء مثلًا – لكنّ الكُتلة تبقى ثابتة.

2 اسألْ رشدًا أن يقصّ لك قنّينة وأن يمسح فتحة في جسمها قرب حافّتها العُليا. بعمل ثقب، صلّ قشّة الشرب بالفُتحة وثبّتها هناك بمعجون التشكيل لمنع تسرُّب الماء.

3 ضع إبريق الكيل تحت البزباز، ثمّ املأ القنّينة بالماء. البزباز يجعلُ مستوى الماء في القنّينة واحدًا في مراحل التجربة. تسيلُ عبره الماء الفائض. أفرغ الماء الفائض من إبريق الكيل.

4 ضع الجسم الذي تنوي اختباره في الماء وراقب الماء الفائض يسيلُ من البزباز. قِسْ كمّيّة الماء الفائض في الإبريق. هذا هو حجم الجسم. للحُصول على كثافة الجسم، اقسمْ كُتلته على حَجمه.



الجَوامِد

تَتذَبذَبُ الذَّرّاتُ في الجوامدِ أقلَّ ممّا تتذَبذَبُ في السّوائلِ والغازاتِ. هذا يعني أنّ الذَّرّاتِ في الجوامدِ تبقى في المَوضِعِ نفسِهِ، لذا تَظَلُّ الجَوامدُ بالحجمِ نفسِهِ وبالشكلِ نفسِهِ. إنّ إحماءَ الجامدِ إلى درجةِ انْصِهارِهِ يؤدّي إلى تَفكُّكِ ترتيبِ ذرّاتِهِ. وتكونُ النتيجةُ أن يَنصهِرَ الجامدُ ويتحوَّلَ إلى سائلٍ. من الجوامدِ أنواعٌ عديدةٌ. وهي تَتراوَحُ من الصُّخورِ والمعادنِ والبلاسْتيك، عبر الآجُرِّ والخَرَسانةِ، إلى النايلونِ والمَطّاطِ. هذه الجوامدُ كلُّها تَتفاوَتُ تفاوتًا كبيرًا في الخَواصِّ، مثلِ الصَّلابةِ والقوّةِ والمُرونةِ. نوعُ اصْطِفافِ الذَّرّاتِ يُعطي الجامدَ بعضَ خَواصِّهِ.

المعادن الفِلِزّيّة

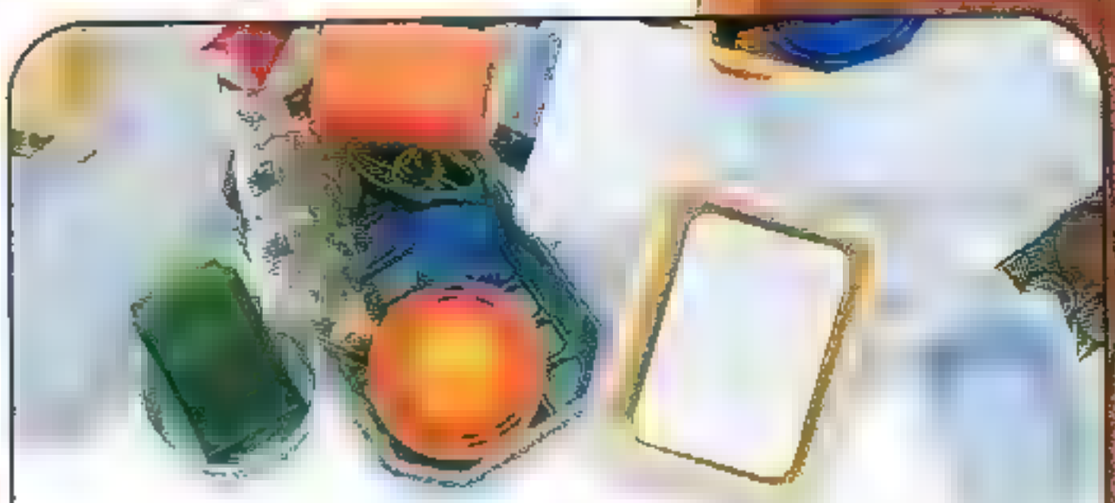
للمعادن الفلزّيّة مجال واسع من الإستعمالات. وهي تُستخدَم أحيانًا في داخل جسم الإنسان. الشكل الأُرجوانيّ الفاتح (إلى اليسار) هو لمَفصِل وَرِك اصطناعيّ مصنوع من المعدِن. مُعظم العناصر هي من المعادن الفلزّيّة. تبدو المعادن الفلزّيّة لمّاعة وهي موصِّلة جيّدة للكهرباء والحرارة. نَميل إلى الظنّ أنّ المعادن الفلزّيّة كلّها صُلبة للغاية، لكن الحقيقة أنّه كثيرًا ما تكون طريّة للغاية ويُمكِن طرْقُها بسهولة أو مدّها إلى أشكال مختلفة. بعض أنواع المعادن الفلزّيّة النادرة مثل الذهب يمكن العُثور عليها خالِصة، لكنّ معظمها تكون في الطبيعة مُتّحِدة مع عناصرَ أخرى، في صخور نُسمّيها خامات.

متسلِّق صخور يَتسلَّق وجه جُرْف قائم. الكُرة الارضيّة في معظمها تتشكَّل من الصخور الصُّلبة.

هيكل هذه الدرّاجة مصنوع من موليبْدنوم الكروم، وهو سبيكة فولاذ.

السَّبائك

السبائك هي خلائط معدِنيّة، مثل البرونز المصنوع من النُّحاس والقصدير، أو خلائط معدِنيّة وعناصر غير معدِنيّة، مثل الفولاذ المصنوع من الحديد والكربون. في السبائك تُخلَط موادّ مختلفة معًا للجمْع بين خَواصّها. لذا تُصنَع بحسب الطلب وَفْق مواصفات مُحدَّدة ولأداء مُهمّات معيَّنة.



◄ البوليمَرات ◄

يُمكِنُ إنتاج بعض أنواع الجوامد اصطناعيًّا. البوليمَرات، أو المَكثورات، وهي التي تتشكَّلُ من سلاسل طويلة من الجُزيئات، تكون إمّا طبيعيّة كما في المطّاط، أو اصطناعيّة كما في البلاستيك والنايلون. نَستعمِلُ الكثير من البوليمَرات في حياتنا اليوميّة. مُستوعَبات الطعام والشراب، وأدوات منزليّة عديدة، مصنوعة من البلاستيك.

المُركَّبات

الجوامد التي تَشكَّلَت من اتّحاد موادّ ذات خَواصّ نافعة مختلفة تُسمّيها مُركَّبات. فالخَرسانة المُسلَّحة (التي ترى صورتها) هي مادّة بناء يدخُلُ في تركيبها قُضبان فولاذيّة تجعَلُها أقوى وأكثر تحمُّلًا.

الإنصهار

لذرّات في الجوامد دائمة التذبذُب، أو الإهتزاز. لكنّها عندما تُحمّى يزداد تذبذُبها ازديادًا كبيرًا. إذا ما سُخِّن الجامد إلى درجة معيَّنة، تزداد حركة لذرّات إلى حدّ تُداوِمُ فيه التنقُّل من مَوضعها. في درجة الحرارة هذه، والتي تُعرَف بنُقطة الإنصهار، يتحوّلُ الجامد إلى سائل. حرارة هذه الشُّعلة (إلى اليسار) حوَّلَت الشَّمْع إلى سائل. للموادّ المختلفة نِقاط انصهار مختلفة. على سبيل المثال، يذوب الثلج في 0°س، بينما يَنصهِرُ الذهب في 1065°س.

تجارب
نِقاط الإنصِهار

تَنصهِرُ الجوامد المختلفة في درجات حرارة مختلفة. يَستخدِمُ العُلماء هذه الطريقة لقياس نِقاط الإنصهار. إذ سيكون الماء والموادّ المُنصهِرة شديدة السُّخونة، ينبغي أن يَقوم بهذه التجربة شخص راشد وفي مُختبَر علوم. **لوازم التجربة:** دَوْرَق ماء؛ أنبوب اختبار؛ مِلقَط؛ مصدر حراريّ؛ شوكولاتة وزُبدة وشمعة للتذويب؛ ترمومتر يَقيس إلى 100°س.

1 تُختبَر كلّ مادّة على حِدة. يضعُ الذي يقوم بالإختبار مادّة في أنبوب الاختبار، ويضع أنبوب الاختبار في دَوْرَق ماء (حمّام حراريّ). يُحمّي القائمُ بالإختبار الدَّوْرَقَ ببطء، بينما يُحرِّك الماء بأناة ليكون الإحماء مُنتظِمًا. وحالما تبدأُ المادّة بالإنصهار، يُخرِج القائم بالتجربة أنبوبَ الإختبار من الماء.

2 يَقيس القائم بالتجربة من فوره درجة حرارة الماء ليَعرِف نُقطة الإنصهار في كلّ مادّة.

تعال نجرِّب
قطْع الجليد

يظَلُّ الجليد في العادة مُتحمِّدًا تحت 0°س، لكن قد يتسبَّبُ الصغط بذَوَبانه. على سبيل المثال، كثيرًا ما يكون تحت الأنهار الجليديّة طبقة رقيقة من الماء تتشكَّلُ بفِعْل الذَّوَبان الناجم عن الضغط. بإمكانِك أن تُلاحِظَ تأثير الضغط على الجليد في هذه التجربة. **اللوازم:** مُكعَّب جليد (ثلج)؛ قِنّينة؛ سِلْك نُحاسيّ؛ وَزْن تثقيل.

1 إربِطْ وزْنًا إلى كلٍّ من طرفَي السِّلك النُّحاسيّ. ضعْ مُكعَّب الجليد على أعلى القِنّينة المفتوحة وعلِّقِ السِّلك المُثقَّل فوق أعلى مُكعَّب الجليد.

2 يُذيب الضغط الذي يولِّده السِّلك النُّحاسيّ الجليد تحته، ممّا يسمَحُ للسِّلك باختراق مُكعَّب الجليد. إذ يَهبِطُ السِّلك شيئًا فشيئًا في الجليد، يعود الماء فوقه ويَتحمَّدُ لزَوال الضغط عنه.

البِلّورات

من الجوامدِ أنواعٌ عديدةٌ تتّصِفُ بأنّها بِلّوريّةٌ – هذا يعني أنّ ذرّاتِها تَصطَفُّ في أنماطٍ مُتكرِّرةٍ. إذا كانَ البِلّور حَسَنَ التشكُّلِ، ينكشِفُ نَمَطُهُ الداخليُّ المُنتظِم عبرِ شكلِهِ الخارجيِّ. كثيرًا ما تكونُ البِلّوراتُ زاهيةَ الألوانِ، ونحن نَستخدِمُ بعضَ أنواعِ البِلّوراتِ، وبخاصّةٍ تلك النادرةُ والجميلةُ منها مثلُ الماسِ والزُّمُرُّدِ، في صُنْعِ مُجوهراتِنا. على أنّه ليست الموادُّ البِلّوريّةُ كلُّها مُشابِهةً للبِلّورِ. تَتشكّلُ الصُّخورُ من معادنَ معظمُها بِلّوريٌّ، والمعادنُ الفِلِزّيّةُ قد تكونُ بِلّوريّةً أيضًا. بل إنّ في داخلِ أجسامِنا بِلّوراتٍ دقيقةً. تحتوي العِظامُ على بِلّوراتٍ معدِنيّةٍ نُسمّيها أباتيت، وتحتوي أُذُنَنا الداخليّةُ على بِلّوراتٍ دقيقةٍ تُساعِدُنا في تَعيينِ الجِهةِ العُليا.

تشكيلات بِلّوريّة

تتشكّلُ ذرّاتُ كلّ نوعٍ من البِلّور بنمطٍ مخصوص يتكرّرُ مرّة بعد مرّة إلى أن يَشمُلَ الجسمَ كلّه. الأنماط، وأعدادُ الذرّاتِ فيها، تختلفُ بحسب المادّة البِلّورية. على أنّ الأنماط تتّخِذُ سبعةَ أشكالٍ هندسيّةٍ رئيسةٍ فقط – تُعرَفُ باسم النُّظُم البِلّورية. والأشكالُ هي المُكعَّب، والمُعَيَّنيّ المُستقيم، والسُّدسيّ، ورُباعيّ الزوايا، والثُّلاثيّ، والأُحاديّ الميْل، والثُّلاثيّ الميْل.

صور البِلّورات المبثوثة حول هاتين الصفحتين المُتقابلتين تُمثّلُ أنواعَ النُّظُم البِلّورية السبعة.

بلّور الباريت الأصفر هذا هو من النِّظام المُعَيَّنيّ المُستقيم. يكون الباريت أيضًا بألوانٍ أخرى مختلفة.

بِلّورات الباريت مُكعَّبيّة وتُعرَف أحيانًا بِاسْم «الذهب الكاذب» لشَبَهِها بالذهب.

دراسة البِلّورات بالأشعّة السينيّة

يحتاجُ عُلَماء في دراستهم للبِلّورات أن يعرفوا الطريقة التي تصطفُّ بها ذرّاتُ داخلها. وهم كثيرًا ما يَستخدِمون الأشعّة السينيّة في هذه الدراسة. اخترعَ هذه الطريقة في الدراسة فيزيائيّ الألمانيّ ماكْس فون لاو. وهي تكون بإطلاق أشعّة سينيّة على بِلّورة وتحليل الأنماط المُتشكِّلة على فِلم فوتوغرافيّ إذ تُعثرُ الذرّاتُ لتلك الأشعّة. نمَط اصْطِفاف الذرّات داخل كلّ نوع من البِلّور مختلف عن غيره من الأنماط في الأنواع الأخرى. في العام 1953، استُخدِمت هذه التقْنيّة في اكتشاف بنية حُرِيء لـ د ن أ.

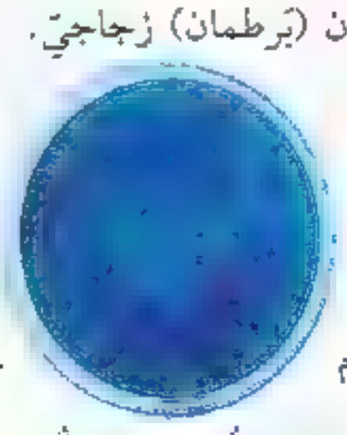
نمط حُيود، أو انعراج، الأشعّة السينيّة المأخوذ من بِلّورة أنزيم ساتيّ.

زُجاج بِلّوريّ

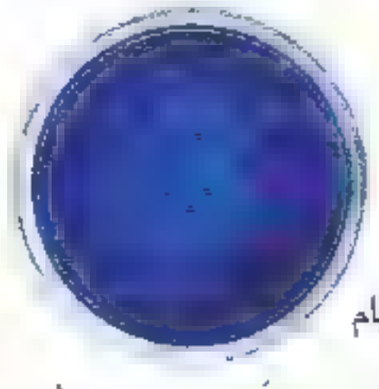
كثيرًا ما نرى أكوابًا وزهريّات موسومة باسم بِلّور. هذا يعني في الحقيقة أنّها مصنوعةٌ من نوعٍ من الزجاج شديد الصفاء يُسمّيه زُجّاجو البِلّور زجاجًا بلوريًّا، مع أنّ الزجاج ليس بِلّوريًّا على الإطلاق. لذرّات في الزجاج لا تتّخذُ نمطًا مُتكرّرًا، كما هي الحال في البِلّور، بل تَنتشِرُ انتشارًا شِبه عَشوائيّ.

تجارب
تَبَلُّر

يُمكنُ إنماء عُلبة بلّور من محلول كِبريتات النُّحاس. هذه التجربة ينبغي أن يقومَ بها راشد في مُختبَر علوم، إذ إنّ كِبريتات النُّحاس سامّة. من المهمّ غسْل اليدَين بعد مسّ كِبريتات النُّحاس. **اللوازم** ماء؛ كِبريتات النُّحاس؛ طبق مُسطَّح؛ خَيط؛ قطعة ورق مقوّى؛ مَرطبان (بَرطمان) زجاجيّ.



ثلاثة أيّام



خمسة أيّام

1 كبريتات النُّحاس تحَلُّ في الماء مشكّلة محلولًا قويًّا. نُصَبّ كمّيّة صئيلة من هذا المحلول في طبق مسطّح وتُترك لتتبخّر

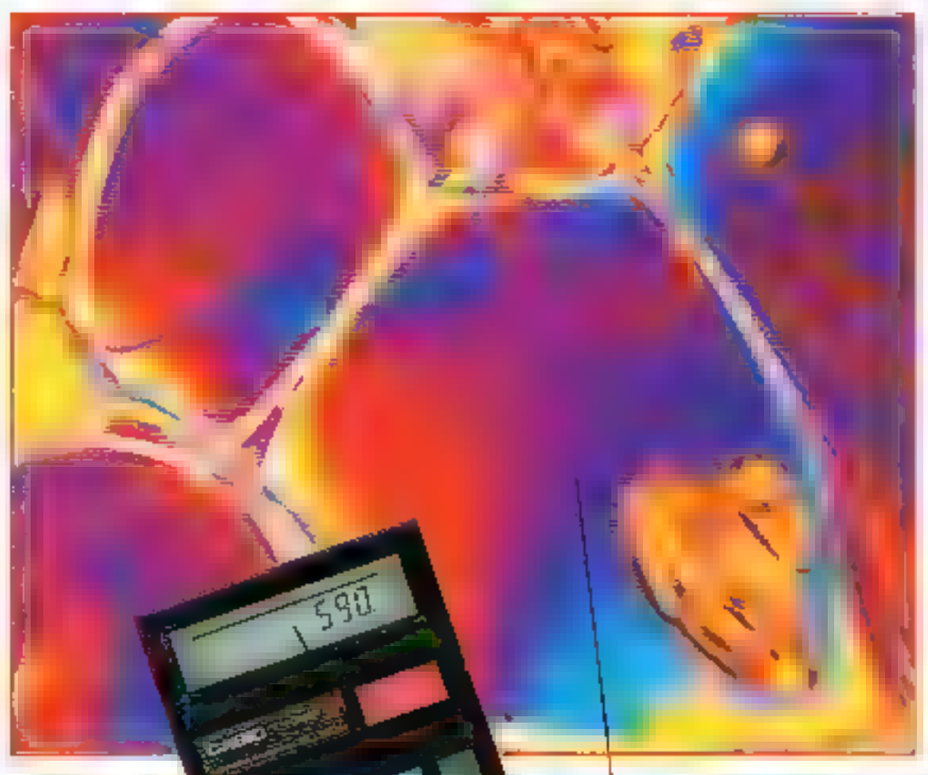
2 إذ يَتبخّر الماء، يَصِلُ المحلول إلى نُقطة الإشباع. ولا يعودُ المحلول قابلًا لإستيعاب كِبريتات النُّحاس، فتبدأ بِلّورات صغيرة بالتشكّل.

البلّور بعد ثلاثة أسابيع

3 في خلال بضعة أيّام، تُعلّق للبلّورات الطّلق. تُؤخَذ أكبر البلّورات وتُربط بالخيط وتُعلّق من قطعة الورق المقوّى وتُغطَس في مرطبان يحوي ما تبقّى من محلول كِبريتات النحاس. هذه البلّورة هي «البذرة» لمزيد من التبلّر، وسوف تواصل نُموّها. بإمكانك أن تُنمّي بلّورات لملح مُستخدِمًا هذه الطريقة مع محلول ملحيّ.

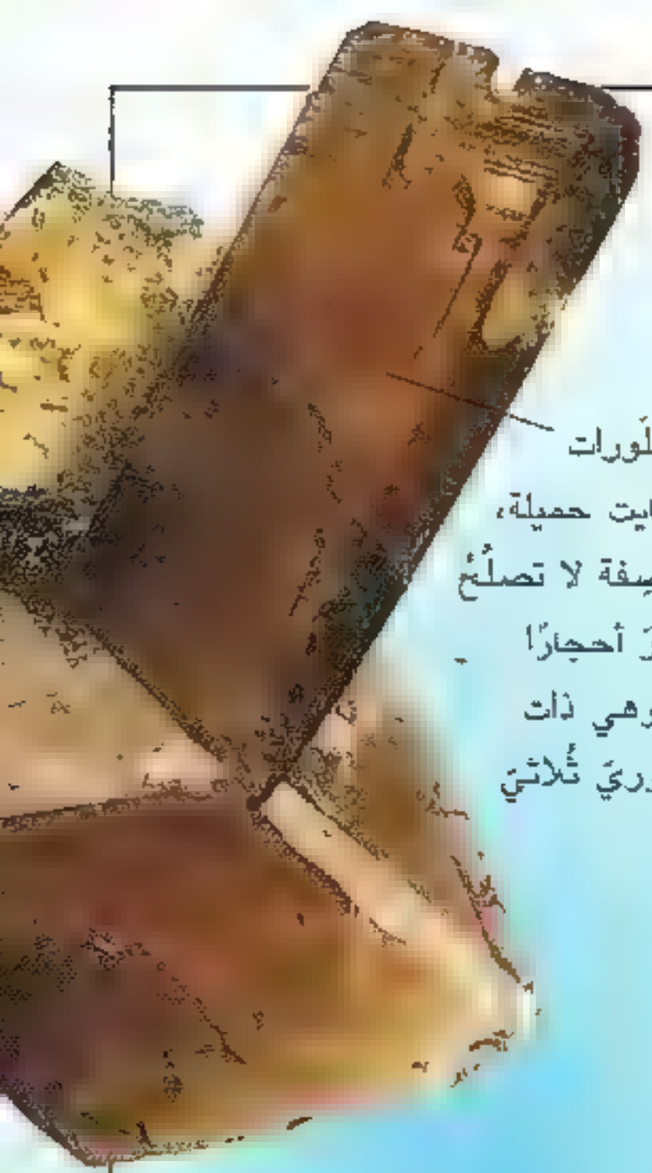
بِلّورات سائلة

لمعظم الآلات الحاسبة شاشة من بِلّور سائل. البِلّور السائل ينصَبُّ كما يسكُبُ السائل لكنّ له بنية مشابهة لبنية البلّور. يُحفَظ هذا البِلّور السائل بين شريحتين رقيقتين من الزجاج. عندما يمُرُّ الضوء عبر هذا البِلّور السائل ينعكِسُ عن مرآة وراءه جاعلًا شاشة العرض تبدو مُضيئة. لشَريحة الزجاج العليا طَلية موصّلة. أيّ كهرباء تسري فيها تُغيّرُ اصْطفاف جُزيئات البِلّور السائل تحتها مباشرةً، وتُوقِف انعكاس الضوء، جاعلةً ذلك الجُزء من شاشة العرض داكِنًا.

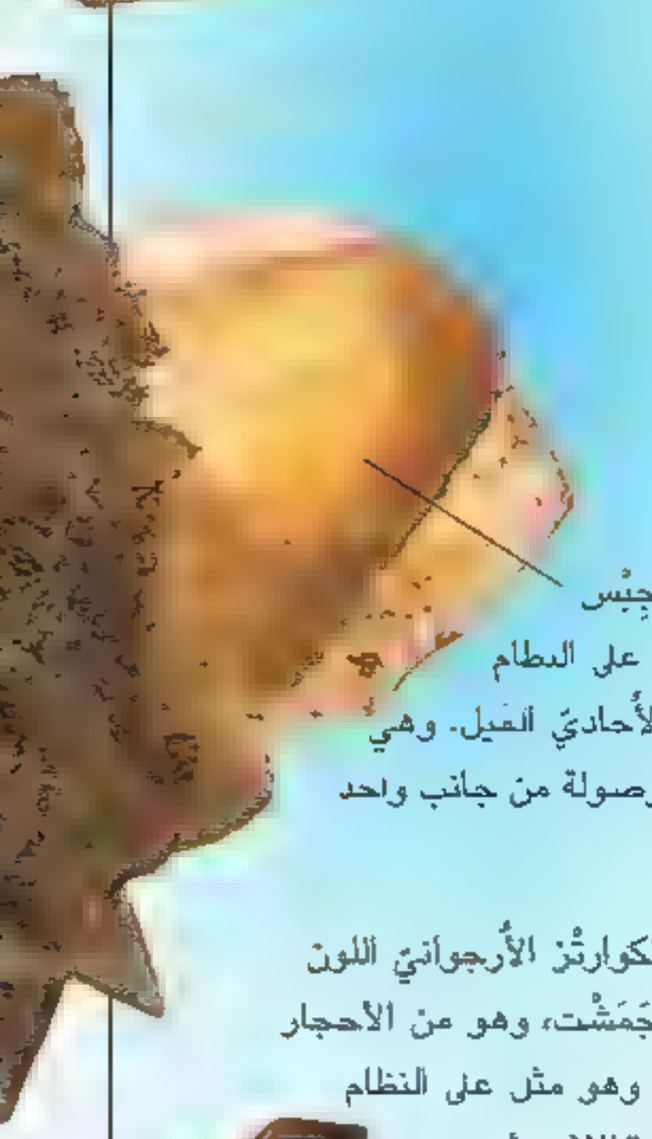


البِلّور السائل كما يبدو عبر ميكروسكوب.

آلة حاسبة ذات شاشة من البِلّور السائل.



مع أنّ بِلّورات الأكسينايت جميلة، فإنّها قَصِفة لا تصلُحُ أن تُعتبَرَ أحجارًا كريمة. وهي ذات نظام بِلّوريّ ثُلاثيّ المَيل



بِلّورات الجِبْس هذه مثال على النظام البِلّوريّ الأُحاديّ المَيل. وهي بِلّورات مَوصولة من جانب واحد

يُعرَف الكوارتْز الأُرجوانيّ اللون باسم الجَمَشْت، وهو من الأحجار الكريمة. وهو مثل على النظام البِلّوريّ الثلاثيّ، أو الثلاثيّ التماثُل.

الزَّركون حجر كريم ذو نظام بِلّوريّ رُباعيّ الزوايا. وهو يكون بواحد من ألوان عدّة مختلفة.

الزَّبرجَد حجر كريم ذو لون أخضر زُمُرّديّ وذو نظام بِلّوريّ سُداسيّ.

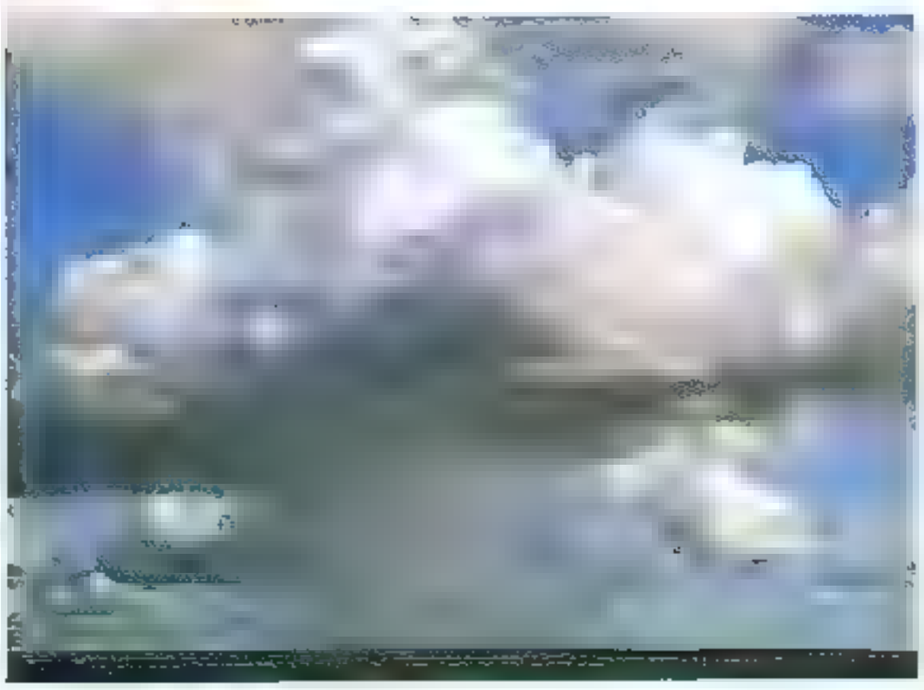
السَّوائل

إذا صَبَبْتَ في كوبٍ لَبَنًا، فإنّه يأخُذُ شكلَ الكوبِ. صُبَّهُ في كأسِ عصيرٍ فيأخُذَ شكلَ الكأسِ. السوائلُ كلُّها مائعةٌ – فهي تَسيلُ، أو تَنسكِبُ، وتأخُذُ شكلَ أيِّ وِعاءٍ تُصبُّ فيه. السوائلُ مثلُها مثلُ أشكالِ المادّةِ كلِّها، تَتشكَّلُ من جُزيئاتٍ. في الجوامدِ، تَتجاذَبُ الجُزيئاتُ بقوّةٍ مُشكِّلةً بِنيةً شديدةً. في السوائلِ، تكونُ الجُزيئاتُ أقلَّ تجاذُبًا وقادرةً على التحرُّكِ عادةً في مجموعاتٍ. إذا تَغيَّرتِ الظروفُ، يُمكِنُ أن تَتَغيَّرَ حالةُ السوائلِ. يُمكِنُ أن تَتجمَّدَ، مُتحوِّلةً إلى جامدٍ، أو أن تَتبخَّرَ مُتحوِّلةً إلى غازاتٍ.

تَنصَبُّ الشوكولاتة السائلة في قالَبٍ، وتَتجمَّد فتأخُذ شكله.

تجمُّد السائل

الجُزيئات في السائل حُرّة في تحرُّكها. لكن كلّما كانت الحرارة أدنى كانت حركة الجُزيئات أبطأ وكان تجاذُبها بعضها إلى بعض أشدّ. في درجة حرارة معيَّنة، يُصبِحُ تجاذُب الجُزيئات من الشِّدّة بحيث تَقِلُّ حركتها كثيرًا ويتحوَّلُ السائل إلى جامد. نقول تجمَّدَ السائل. كلّ سائل يتحوَّلُ إلى جامد في درجة حرارة معيَّنة نُسمّيها نُقطة التجمُّد.



التبخُّر والتكثُّف

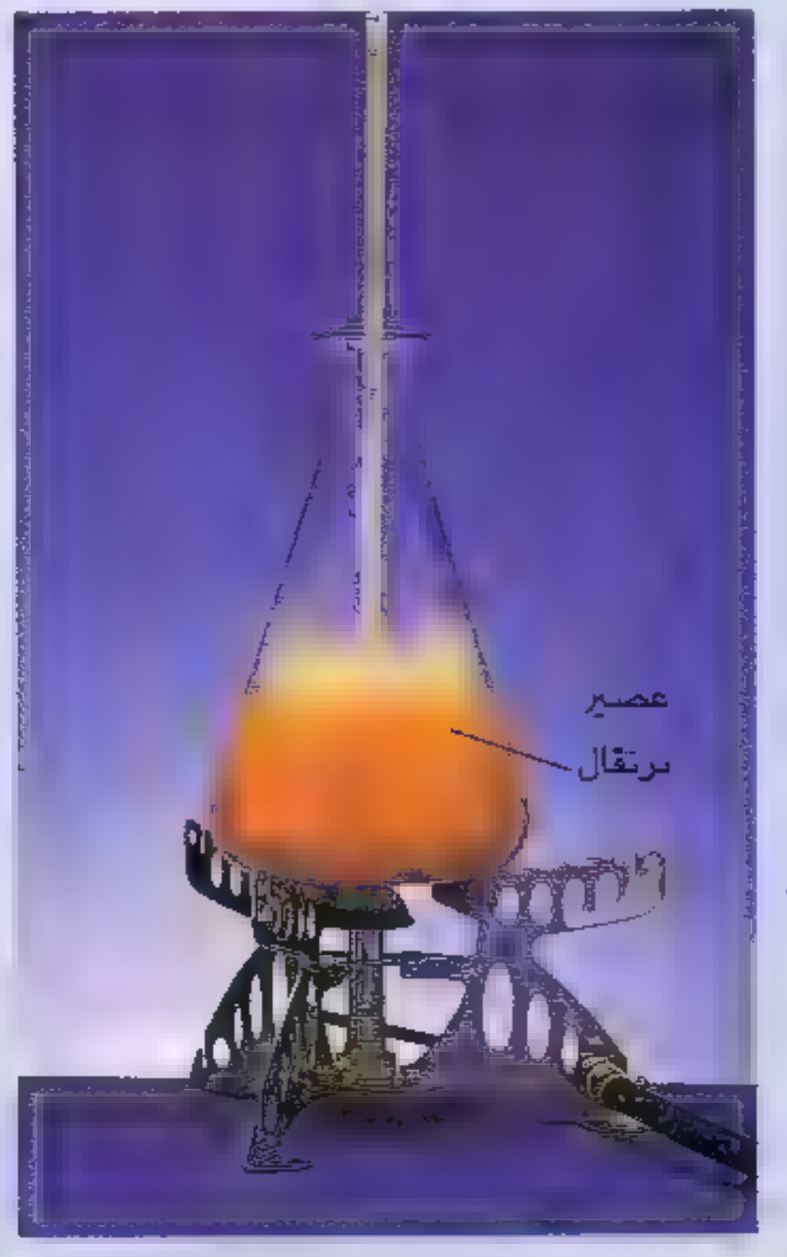
عندما يتبخَّرُ الماء في الهواء، يُشكِّل بُخار ماء، وهو غاز. إذ يَرتفِعُ البُخار في الهواء الأقلّ حرارة، تَبطؤُ حركة جُزيئات البُخار. وفي نهاية الأمر، تبدأ بالتجاذُب بقوّة، ويتحوَّلُ البُخار إلى قُطيرات من الماء السائل. هذه العمليّة، ونُسمّيها تكثُّفًا، هي التي تتولّدُ منها السُّحُب ومن ثَمّ المطر.

تجارب

نُقطة الغَلَيان

كيف تَتبخَّر السوائل؟ عندما تبلُغُ سرعة حركة الجُزيئات القريبة من السطح حدًّا مُعيَّنًا فإنّها تَتفلَّتُ إلى الهواء. إذ تزدادُ الحرارة ارتفاعًا تفلَّتُ المزيد من جُزيئات السطح. وفي درجة حرارة معيَّنة، تتحرَّكُ الجُزيئات كلّها بسرعة كافية للتفلُّت، ويَغلي السائل. السوائل الغالية ساخنة جدًّا، لذا ينبغي أن يقوم راشد بإجراء هذه التجربة في مُختبَر علوم.

لوازم التجربة: وِعاء مقاوِم للحرارة؛ مصدر إحماء؛ مُختارات من سوائل؛ ترمومتر يقيس حتّى 360°س؛ قُمّازان مانِعان للحرارة؛ مِلقَط.



1 تُسخَّن كمّيّة ضئيلة من سائل في الوِعاء المُقاوِم للحرارة. يُستعان بالقُمّازَين والمِلقَط لتغطيس الترمومتر في السائل. تبدأ الحرارة بالارتفاع.

2 سُرعان ما يبدأُ السائل بإطلاق الفقاقيع. تتوقَّفُ الحرارة عن الارتفاع وتثبُتُ. وَصَلَ السائل الآن إلى نُقطة الغليان. تُسجَّل درجة الحرارة هذه. يُعاد أسلوب العمل نفسه مع سوائل أخرى وتُقارَن النتائج. نرى بوضوح أنّ نُقطة الغليان تختلف بين سائل وآخر.

تعالَ نجرِّب
اللُّزوجة

إختبرْ لُزوجة سوائل مختلفة بإسقاط كُتَل (بِلْي) فيها. كلّما طال الوقت الذي يَستغرِقُه سُقوط الكُتَلة، كانت لُزوجة السائل أعلى. **اللوازم:** أكواب متماثلة؛ مُختارات من سوائل (انظُرِ النماذج أدناه)؛ كُتَل من الحجم نفسه والوزن نفسه.

1 صُبَّ السوائل في أكواب مُتماثِلة، مالئًا إيّاها إلى المستوى نفسه. أسقِطْ كُتَلًا في اثنَين منها في الوقت نفسه ومن الارتفاع نفسه. الكُتَلة التي تُصيب القاع أوّلًا تكون في السائل الأقلّ لُزوجةً.

2 قارِنْ لُزوجة السوائل كلّها بملاحظة الكُتَل التي تُصيب القاع في كلّ مرّة أوّلًا. أعدَّ قائمة بالسوائل بحسب لُزوجتها. بإمكانك أيضًا أن تُحمّيَ السوائل قليلًا لترى أثر ذلك في لُزوجتها.

قَطْر السُّكَّر — زَيت نباتيّ — حَلّ أحمر — مقاقيع صابون استحمام

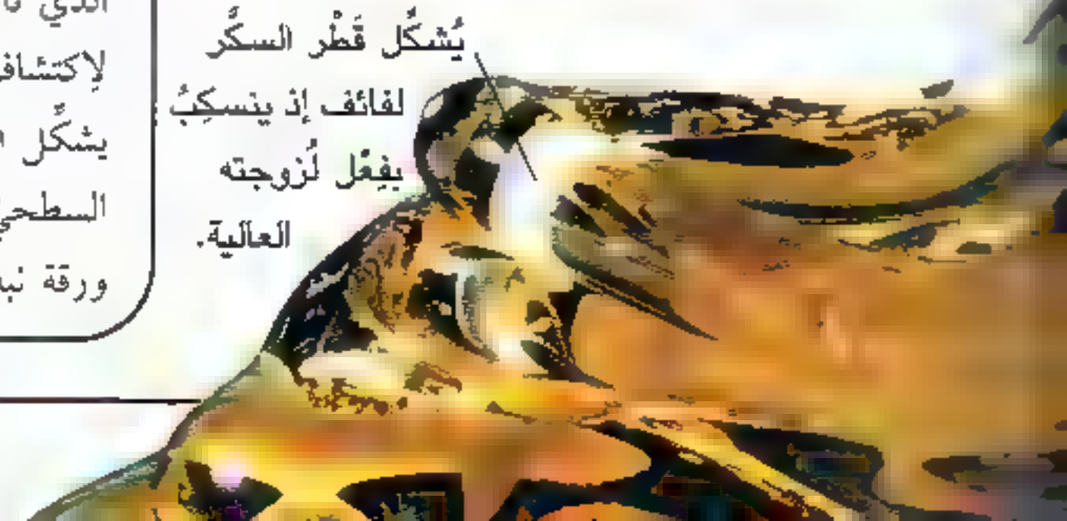
اللُّزوجة

عندما تَصُبُّ في كوبِ ماءً، يَسيلُ الماء بسهولة ويملأُ الكوب بسرعة. لو جَرَّبتَ الشيء نفسه مع قَطْر السكّر لكان جَرَيان السائل أقلّ سرعة. فقَطْر السُّكَّر سائل أَغلَظُ من الماء وهو أعلى لُزوجةً. باللُّزوجة نَقيس مُقاوَمة السائل للسَّيلان. وهي نوع من الاحتكاك الداخليّ. اللُّزوجة في السوائل تُفيدُ في صنْع المُزَلِّقات، مثل زُيوت المُحرِّكات. يُساعِدُ الزَّيت على فصل أجزاء المعادن المتحرِّكة في المُحرِّك بعضها عن بعض ويمنَعُ احتكاكها. للغازات لُزوجة أيضًا، مع أنّها أقلّ كثيرًا من لُزوجة السوائل.

الجاذبيّة تُعوِّج شكل قطرة الماء.

◄ أشكال متنوِّعة ◄

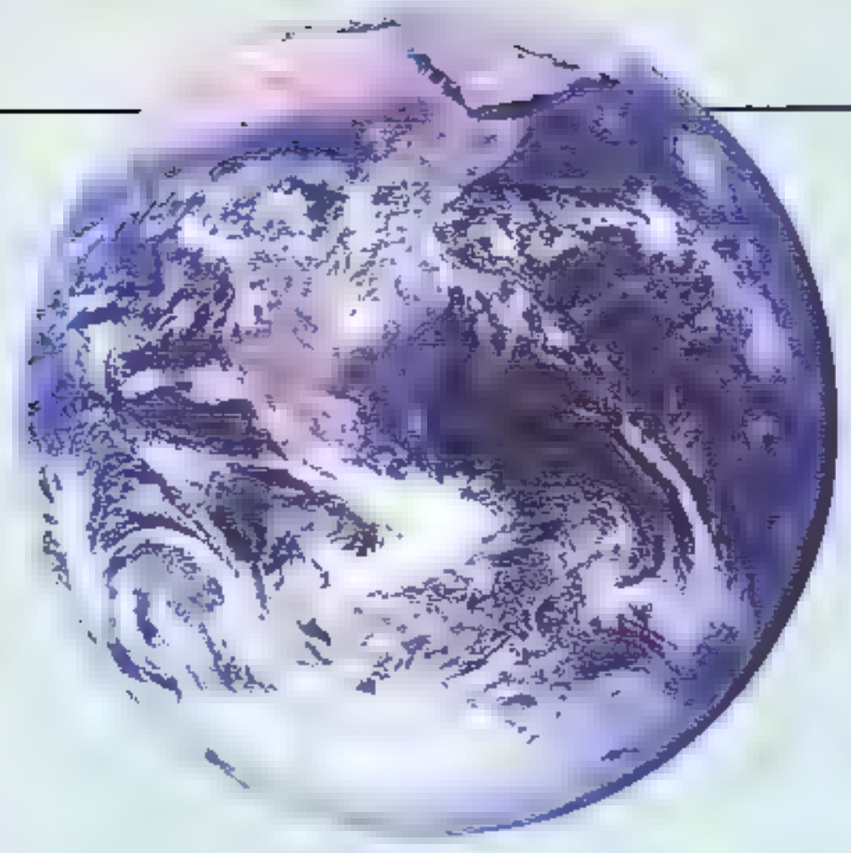
تتّخِذُ السوائل شكل الوِعاء الذي تكون فيه. لكن ما الشكل الذي تأخُذُه عندما تكون في غير وِعاء؟ المكان المناسب لِاكتشاف ذلك هو عربة فضاء في حالة انعدام الوزن، حيث يشكِّل الماء شكلًا كُرَويًّا. بين جُزيئاته قوّة نُسمّيها التوتُّر السطحيّ تجعَلُ لماء يتّخِذُ هذا الشكل. لكنّ قطرة ماء على ورقة نبات تشكِّلُ شكل دَمْعة لأنّ الجاذبيّة تشُدُّها. 70،26



يُشكِّل قَطْر السكّر لفائف إذ ينسكِبُ بفِعْل لُزوجته العالية.

الماء

المادّةُ الأكثرُ انتِشارًا على وَجهِ الأرضِ هي الماءُ الذي يُغطّي نحوَ ثلاثةِ أرباعِ سطحِ كوكَبِنا. الماءُ ضروريٌّ للحياةِ. وهو يَختلِفُ عن غيرِهِ من معظمِ الموادِّ الأخرى في أنّه يكونُ في الطبيعةِ في حالاتِ المادّة الثلاثِ كلِّها – أي يكونُ جامدًا وسائلًا وغازًا. نَجِدُ الماءَ عادةً سائلًا، كما هي الحالُ في مُحيطاتِنا الواسعةِ. على أنّنا نَجِدُ الماءَ جامدًا أيضًا كما هي الحالُ في الجليدِ والثلجِ، ونَجِدُهُ غازًا، كما في بُخارِ الماءِ المُنتشِرِ في الهواءِ. من خَواصِّ الماءِ المُتميِّزةِ أيضًا قُدرتُهُ على حلِّ موادَّ أخرى عديدةٍ. الماءُ هو أفضلُ حالٍّ نَعرِفُهُ. الموادُّ التي لا تَنحَلُّ في الماءِ كثيرًا ما تُستخدَمُ كمُرشِّحاتٍ للحُصولِ على ماءٍ أنقى.

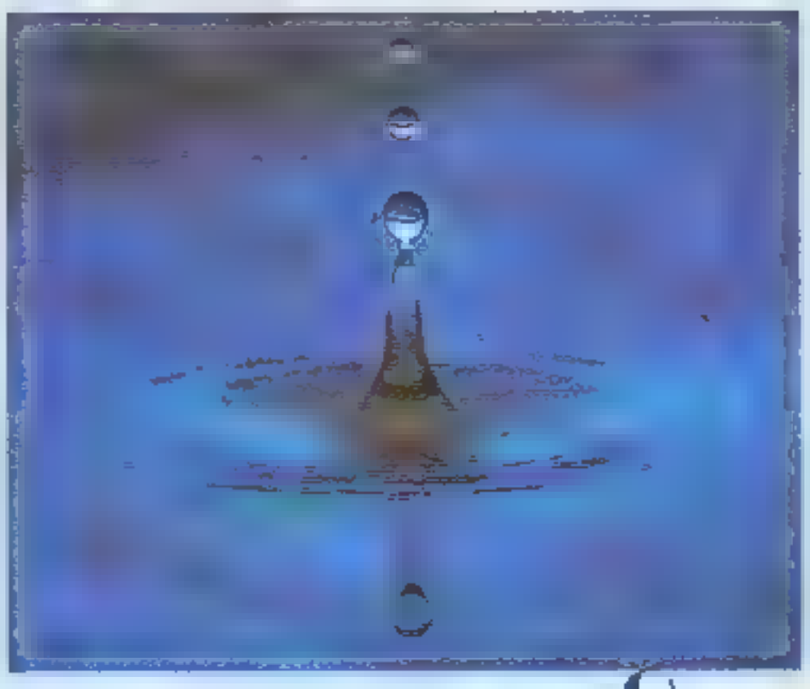


الدَّورة المائيّة

الماء في حالة دوران مُتواصِل بين سطح الأرض والجوّ. هذا ما نُسمّيه الدَّورة المائيّة. إذ تُحمّي الشمسُ جُزيئات الماء فوق سطح الأرض، تتحرَّرُ الجُزيئات، مُتحوِّلةً إلى بُخار. يرتفِعُ بُخار الماء ويبرُد، متكثّفًا إلى قُطيرات تُشكّل سُحُبًا. عندما تكبُر القُطيرات حجمًا تثقُلُ وتسقُطُ عائدةً إلى سطح الأرض على شكل مطر، أو على شكل ثلج إذا كان الهواء من البُرودة بحيث يتحوَّل المطر إلى ثلج.

حركة الجُزيئات

المُعادلة الكيميائيّة للماء هي H_2O. وهذا يُري أنّ الماء يتشكّلُ من ذرّتي هيدروجين وذرّة أكسجين. ذرّة الأكسجين أكبر كثيرًا من ذرّتي الهيدروجين معًا. هذه الصورة المأخوذة عن الكومبيوتر تُري الجُزيئات في ماء سائل وهي أشدّ تقارُبًا مما تكون في بُخار الماء وأكثر حركة.



الماء سائلًا

مُعدّل درجة حرارة الأرض مِثاليّ ليكونَ الماء على شكل سائل. ليست الحرارة من الشِّدّة بحيث يتبخَّرُ الماء سريعًا، ولا هي من البُرودة بحيث يتجمّدُ. وكما هي الحال في السوائل كلّها، تميلُ الجُزيئات في الماء إلى التجمُّع حُزمًا. لهذه الحُزَم قابليّة لارتِباق بعضها على بعض، ممّا يسمحُ للماء بالسَّيَلان بسهولة.

الماء غازًا

في معظم درجات الحرارة، تتفلّتُ جُزيئات تدريجًا من سطح السائل مشكِّلة غازًا، أو بُخار ماء. عمليّة التبخُّر هذه تتسارَعُ مع ارتفاع درجة الحرارة. في مُستوى سطح البحر، يَغلي الماء في 100°س، مُتسبِّبًا بتبخُّر سريع. لبُخار الماء الدافئ المُتصاعِد من سطح الأرض يبرُدُ في الجوّ ويتكثّف مُشكِّلًا سُحُبًا من قُطيرات الماء.

الماء جامدًا

إذ يبرُدُ الماء السائل، تتقارَبُ حُزَم الجُزيئات على أنّه، عندما تَتدنّى حرارة الماء إلى 0 س، يحدُثُ شيء غريب. تَبتعِدُ الجُزيئات وتَتجمّدُ مُشكِّلةً جليدًا. بكلام آخر، عندما يجمُدُ الماء، يتمدَّدُ ويُصبحُ أخفّ. ولهذا يطفو الجليد في الماء.

تعال نجرِّب

تَرشيح الماء

الماء الذي نتقاه عبر حبيبات أو صابير الماء يبدو صافياً للعين، لكنه لم يبدأ على هذا النحو. الماء في الأصل يصِلُ من الأنهار والبحيرات والجدران وهو يحتوي على أوساخ وموادّ أخرى. هذه التجربة تُري كيف تُزالُ الأوساخ من الماء بالترشيح. **اللوازم** (اشياء يساعدُ في التجربة): دورق، قمع بلاستيكية شفافة، سكين، ماء وَسِخ (ماء حقيقي مُحتمل بعض الطين و الرمل و الحصى و أوراق شجر، وتُرك مطحون)، صحن كبير، ورق ترشيح (كذلك المستخدم في مكينات اعداد القهوة لتُرشّحه)، فحم نباتي محروش، رمل، حصى.

1 اسأل راشداً يقصّ على قمعيه، وأن يعمل في قاعه فُتحة. ضَعْ قاع لفتة ورق ترشيح.

2 أوقف قمعيه في عنق الدورق. املأه بصفة من الفحم النباتي أوّلاً، ثم بصفة من الرمل، وأخيراً بصفة من الحصى.

3 بعد يتسرّبُ الماء عبر القمع، تُرشّحُ الصفات الأوسخ الكبيرة أوّلاً ثم الأصغر فالأصغر. الحصى يحتبسُ أكبر الجُسيمات وورق الترشيح يحتبسُ أصغرها. وتكون النسخة ماء نقيٌّ على أنه يظلّ في هذا الماء مواد كيماوية غير مرئية وجراثيم، فلا تشربْ منه.

إعادة تَدوير الماء

أحواض الرمْل لكسرة هذه في ولاية فلوريدا الأميركية تُساعِدُ في ترشيح الماء وتخليصه من الشوائب. يُرسَل الماء الصيف عندئذٍ إلى البساتين لريّ أشجار البُرتقال و للّيمون. المُدُن الحديثة تُصرِّفُ كمّيات هائلة من الماء الوسخ وماء المحارير يوميّاً. هذه الفضلات السائلة ينبغي معالجتها قبل إعادة تَدويرها واستخدامها. أوّلاً، يُخلَّص الماء من الحُسَيمات الوَسِخة بالترشيح، ثمّ يُعالَج بموادّ كيماويّة مثل الكلور لقتل الجراثيم.

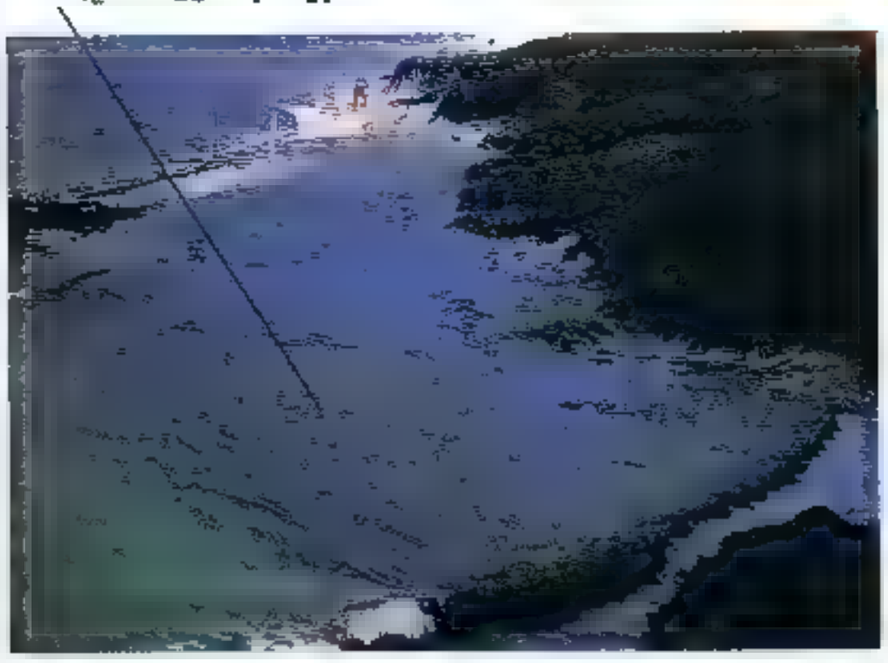
أحواض الرمل تُرشّح ماء الصَّرْف بالطريقة عينها التي عرفتها في التجربة أعلاه، لكن على مقياس أكبر بكثير.

كثافة السَّوائل

الكثافةُ هي كمّيّةُ الكُتلةِ في حجمٍ مُعيَّنٍ. قارِنْ مادّةً ذاتَ جُزيئاتٍ كبيرةٍ مُتراصّةٍ بمادّةٍ ثانيةٍ ذاتِ جُزيئاتٍ صغيرةٍ مُتباعِدةٍ. المادّةُ الأولى ستكونُ كُتلتُها أكبرَ بالنسبةِ إلى الحجمِ، وتكونُ بالتالي أشدَّ كثافةً من المادّةِ الثانيةِ. مَعدِنُ الزِّئبقِ الفِلِزّيُّ السائلُ، مثلًا، أشدُّ كثافةً بكثيرٍ من الماءِ. الحوامدُ، عمومًا، أشدُّ كثافةً من السوائلِ، والسوائلُ أشدُّ كثافةً من الغازاتِ. على أنّ الكثافةَ يُمكِنُ أن تَتغيَّرَ، بتَسخينِ سائلٍ، مثلًا، أو بتَبريدِهِ.

طبقات السَّوائل

تَطفو السوائل ذات الكثافة المختلفة في طبقات الواحدة منها فوق الأخرى. بإمكانِك أن تُجرِّبَ هذا باستخدام زَيت الطعام والماء وقَطْر السُّكَّر. أوّلًا، صُبَّ شيئًا من قَطْر السُّكَّر في كوب. ثمّ صُبَّ شيئًا من زَيت الطعام، فيَطفو فوق قَطْر السُّكَّر. الآن صُبَّ شيئًا من الماء. يُشكِّلُ الماء طبقة بين السائلين الآخرين لأنّه أشدّ كثافة من الزَّيت، وأقلّ كثافة من قَطْر السُّكَّر.



النَّفط والماء

يَتشكَّلُ النَّفط من صُفوف مُتشابِكة من الجُزيئات أشدّ تباعُدًا فيما بينها من جُزيئات الماء. نتيجة لذلك، للنَّفط كثافة تقِلُّ عن كثافة الماء وهو يطفو فوقه (كما ترى في الصورة). في عالَمنا اليوم، قد يكونُ لخاصّة النَّفط هذه عَواقِب خطيرة. تطفو بُقَع النَّفط على سطح البحر، متسبِّبة بتلوُّث ضارّ. النَّفط يُمكِنُ أن يقتُل طيور البحر وأشكال الحياة البحريّة الأخرى، ويُلوِّث الشواطئ. الحرائق التي يَتسبَّبُ بها النَّفط مصدر آخر للخطر. فلا يُمكِنُ إطفاؤها بالماء لأنّ النَّفط المُلتهِب يطفو فوق الماء. ينبغي مقاومة حرائق النَّفط برُغاوة خاصّة.

البرِّيكات النَّفطيّة يتولَّد عنها ظاهرة قوس قُزَح.

◄ أقواس قُزَح على جوانب الطُّرق ◄

هل رأيت يومًا ألوان قوس قُزَح مُنتشِرةً في بُرَيكاتِ جوانب الطرق؟ يتسبَّبُ بهذه الظاهرة قطرات النَّفط المُتسرِّبة من السيّارات العابرة. يطفو النَّفط على ماء البُرَيكات ويَنتشِرُ مشكِّلًا طبقة فِلْميّة رقيقة. عندما يقعُ الضوء على البُرَيكات، ينعكِسُ عن كِلا طبقة النَّفط وطبقة الماء تحته. يتداخلُ الشُّعاعان وتُبطِلُ بعض الأطوال المَوجيّة، أو الألوان، في الضوء بعضها بعضًا. وتكون النتيجة نَمَطًا دائم التغيُّر من ألوان قوس قُزَح.

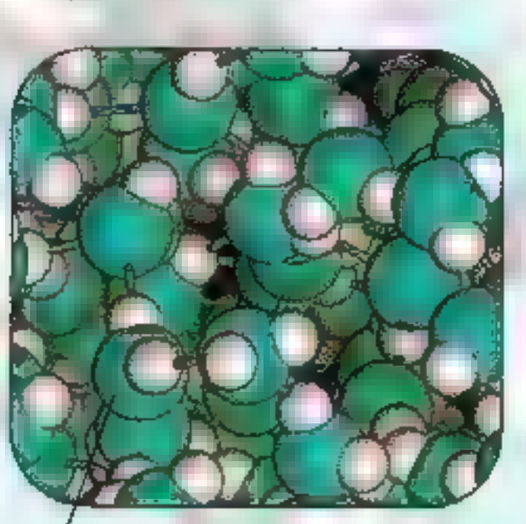
تعال نـجرِّب
أثر الحرارة في الكثافة

أين بُركانًا تحت الماء لترى كيف تقلّلُ الحرارة من كثافة الماء. اللوازم: مِرطبان (برطمان) كبير؛ قِنّينة صغيرة يمكن إدخالُها في المِرطبان؛ خَيط دوبارة طويل؛ ماء حَنفيّة (صُنبور) بارد؛ مُلوِّن طعام.

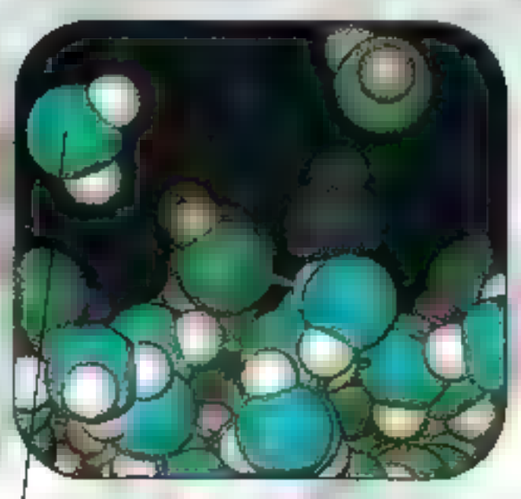
1 إملأ المِرطبان إلى ثلاثة أرباعه بماء بارد. اربطْ خَيطًا حول عُنُق القِنّينة ليكون مسكة. إملأ القِنّينة بماء ساخن وأضِف إليه مُلوِّن الطعام.

2 دَلِّ القِنّينة في الماء الساخن بأناة مُستخدِمًا المسكة. راقِبْ إذ يَرتفِعُ الماء الساخن المُلوَّن خارجًا من القِنّينة، كما ترتفِعُ الحُمَم من بُركان ثائر. الحرارة تُعطي حُرَيْئات الماء طاقة مُتسبِّبة بتباعُدها وتوسُّعها في حيِّز أكبر. بكلام آخر، الماء الساخن أقلّ كثافة من الماء البارد، لذا يرتفِعُ إلى أعلى المِرطبان.

3 بعد حين، تمتزِجُ جُزيئات الماء البارد والماء الساخن معًا، فتتعادَلُ حرارةُ الماء.



جُزيئات الماء البارد مُتراصّة. ليس عندها ما يكفي من الطاقة للتحرُّك بعيدًا.



إذ يسخُنُ الماء تكتسبُ الحُزيئات طاقة. فإذا سُخِّنَتْ إلى حدّ معيّن، تفلَتُ مُشكِّلةً بُخار ماء.

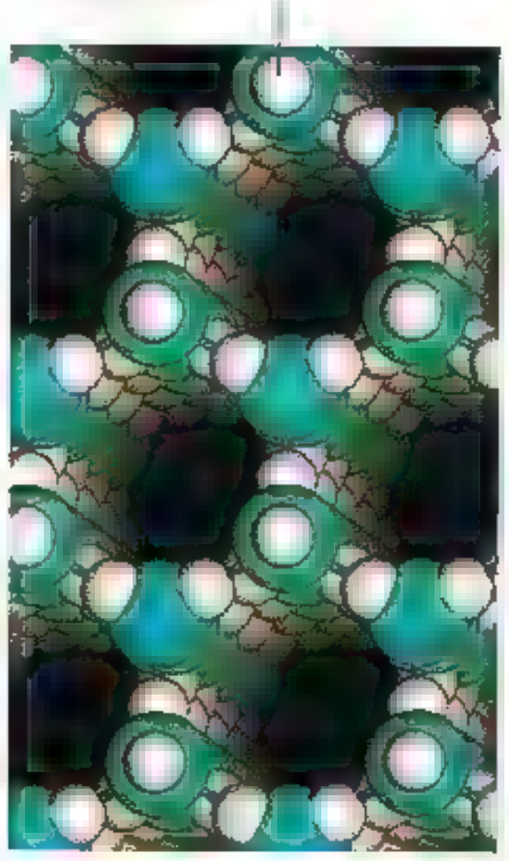
يرتفِعُ الماء الساخن الملوَّن لأنّه أقلّ كثافةً من الماء البارد المُحيط به.

ماء مالِح

عندما تنحَلُّ موادّ في سائل، تزدادُ كثافة ذلك السائل. الجُزيئات المُنحلّة تمتزِجُ بجُزيئات السائل، لذا يزدادُ عدد الحُزَيئات في كلّ قَطرة من قطراته. في ماء البحر مِلح وموادّ أخرى مُنحَلّة فيه ممّا يَجعَلُه أشدّ كثافة من الماء العَذْب. البحر المَيت، بين الأردن وفلسطين، هو أشدّ بِحار العالَم مُلوحة وأشدّها كثافةً. يشكِّلُ المِلح المَحلول في الماء نحو 25 بالمئة منه – أكثر بما يزيدُ عن ستّ مرّات ممّا في مياه البحار العاديّة من مِلح. المطر الذي يتساقَطُ في البحر الميت سرعان ما يَتبخَّر، بفِعل الطقس الحارّ، محلِّفًا المِلح وراءه.

بإمكانِ الناس أن يطفوا من غير جُهد في مياه البحر المَيت لأنّ أجسامهم أقلّ كثافةً من ماء ذلك البحر الشديد المُلوحة.

النَّمط المُتباعِد الثابت لجُزيئات الجليد يعني أنّ الجليد أقلّ كثافة من الماء السائل.



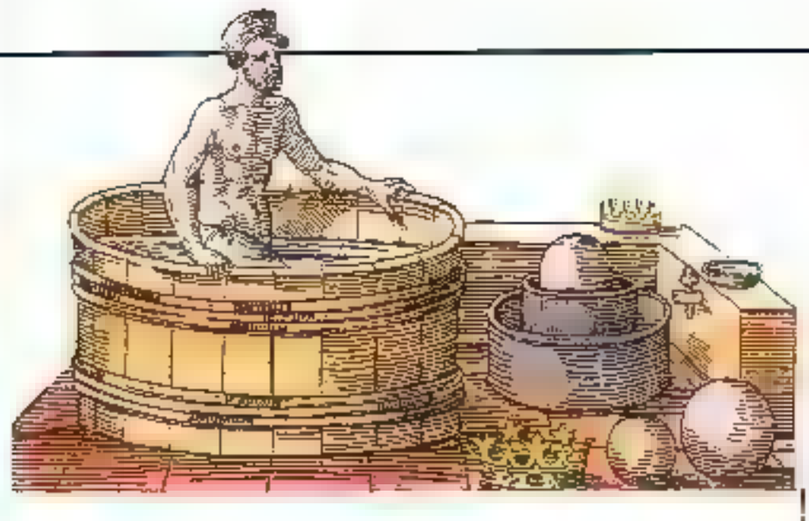
جليد غير اعتياديّ

عندما تتجمَّدُ معظم السوائل فإنّ جُريئاتها تَتراصُّ، أو تَتقارَبُ، وتَزدادُ كثافتها. أمّا الماء فهو مختلف. فهو في حالته الجامدة إذ يكون جليدًا أقلّ كثافة من الماء السائل. وهذا هو السبب الذي يجعل الجليد يطفو في الماء. الحُريئات في الماء السائل أشدّ تقارُبًا لكنّها لا تزال قادرة على التحرُّك. حُريئات الجليد ثابتة ويفصِلُ بينها فراغات في نَمَط حسيّ شكليّ. وهي تشغَلُ حيِّزًا أكبر من ذلك الذي تشغَلُه حُريئات الماء السائل، ممّا يجعَلُها أقلّ كثافة. هذه الخاصّة غير الاعتياديّة للماء حَيَويّة للكائنات التي تعيشُ في الماء. فالجليد الطافي على السطح يعمَلُ حاجزًا يمنَعُ الماء تحته من التجمُّد.

الطَّفْو والغَوْص

الجسمُ الذي تقِلُّ كثافتُه عن كثافة الماءِ، مثلُ قطعةِ خشبٍ، يَطفو في الماءِ. الجسمُ الأكثرُ كثافةً من الماء، مثلُ صخرةٍ، يغوصُ.

قبل ما يزيدُ عن 2000 عامٍ، وجد عالِمٌ إغريقيٌّ اسمه أَرْخميدس (نحو 278-212 ق.م) أنّ الجسم يَزِنُ في الماءِ أقلَّ ممّا يزِنُ في الهواءِ لأنّ قوّةَ الدَّفْعِ الرافعِ في الماءِ تَدعَمُ جُزئيًّا الجسمَ. إذا كان الجسمُ أقلَّ كثافةً من الماءِ تحته، يَدعَمُ الدفْعُ الرافعُ وزنَه كلّه فيَطفو. لاحِظْ أنّ الجسم في الماء يُزيحُ كمّيّةً من الماءِ. كمّيّةُ الدفْعِ الرافعِ الواقعةُ على الجسمِ تُعادِلُ وزنَ الماءِ المُزاحِ.



وَجَدتُها!

مبدأ أرْخميدس يقولُ بأنّ وزْنَ جسمٍ مُساوٍ لوزْنِ السائلِ الذي يُزيحُه ذلك الجسم. يُقال إنّ اكتشافه ذاك حفَزَ له عندما دخل معصرَ الاستحمام ولاحَظَ الماء يَرتفعُ في المَغطِس. اندفع أرْخميدس مبهورًا وراحَ يجري في الشارع عاريًا وهو يَصيحُ «وجدتُها!». وقد استخدَمَ اكتشافه ذاك ليُبرهن أنّ تاج الملك هيرون لم يكنْ مصنوعًا من الذهب الخالص، كما كانَ يُعتقَد.

فولاذ عائم

لشُفُن العملاقة، كسفينة سمكه لبراث بتبة، أدناه، مصنوعة من صفائح فولاذيّة بسُمْك عشرات ألوف الأطنان. كيف تطفو مثلُ هذه الأجسام الثقيلة؟ السرّ في الماء. لكلّ سفينة بكميّة كبيرة صخم لحجم. لكنّ كثافته لإجماليّة أقلّ من كثافة ماء. وزْن ماء الذي يُزيحه ذلك الثقل مُساوٍ لوزْن السفينة بكلام آخر، يولّد ماء لمُزاح رفْعًا صاعدًا يُوازِنُ تمامًا قوّة الدفع السُّفلي لوزْن السفينة

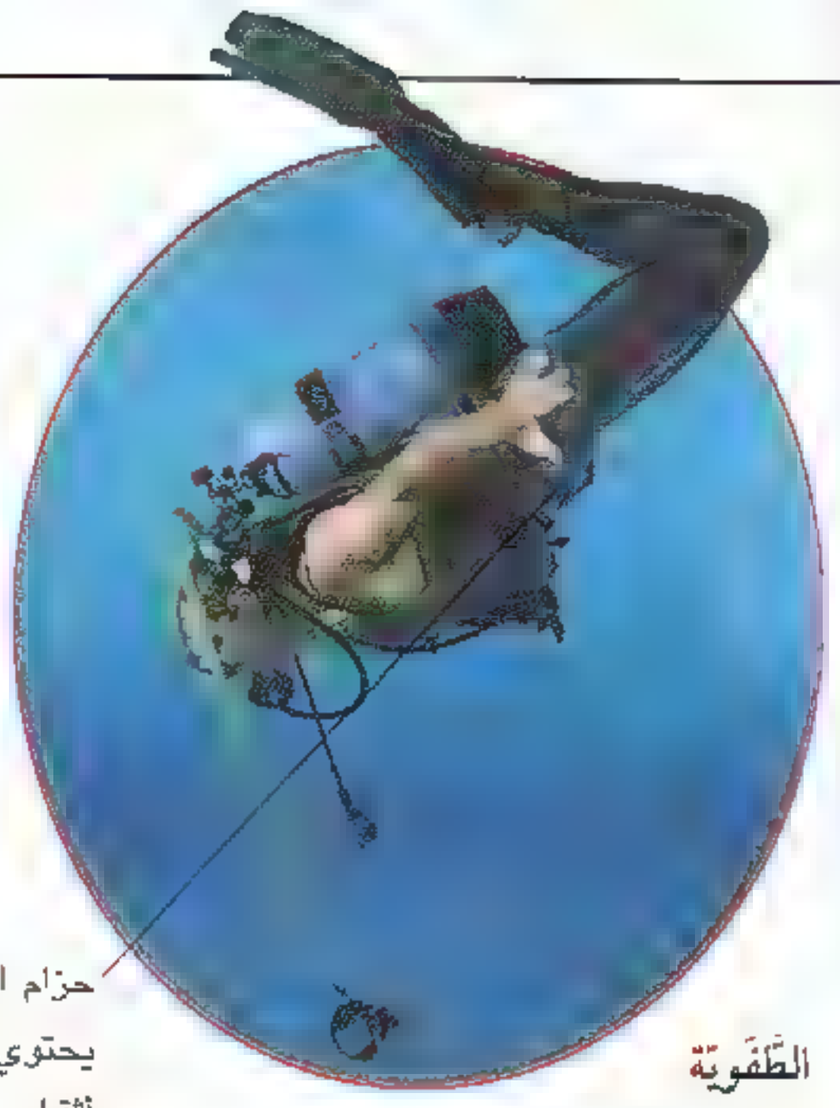
تعال نجرِّب

أشياء تطفو

إذا أسقطتَ كُلّة (بلية) من الزجاج في الماء، فإنّها تغوصُ إلى القاع لأنّ الزجاج أشدّ كثافة من الماء. لكنّ وزْنَ الكُلّة قوّة دفْع سُفلية أقوى من قوّة الدفع الرافع للماء المُزاح. معجون التشكيل أيضًا أكثف من الماء. لكن، بإمكانك أن تجعل معجون التشكيل يطفو بتغيير شكله لزيادة حجمه وتقليص كثافته. **اللوازم** كُرة من معجون التشكيل؛ كوب ماء؛ بعض الكُلَل.

1 أسقِطْ كُرة من معجون التشكيل في كوب ماء. تغوصُ الكُرة إلى القاع لأنّ معجون التشكيل أشدّ كثافة من الماء.

2 الآن شكِّلْ من معجون التشكيل قاربًا عريض القاع وعالي الجانبَين. ضع القارب في الماء ورقبْه يطفو. حجمه الكبير يُزيح حجمًا أكبر من الماء يكونُ من الثقل بحيث يوازِنُ وزْنَ معجون التشكيل. قد تَجِدُ أنّ قارب معجون التشكيل قد يستطيع أن يحمل الكُلَل أيضًا.



حزام الغوّاص يحتوي على أثقال.

الطَّفَويّة

أجسامنا أخفّ من الماء، ممّا يسمَحُ لنا بالطَّفْو على سطحه. على أنّ ظاهرة الطَّفْو الطبيعيّة هذه تجعَلُ السباحة تحت الماء أشدّ صعوبة، لأنّ قوّة الدفْع في الماء تدفَعُ أجسامنا إلى أعلى صَوب السطح. هذا يتسبَّبُ بمشكلة لغوّاصي الأعماق الذين يقضون تحت الماء أوقاتٌ طويلة. لمقاوَمة الدفْع الرافع، أو الطَّفويّة، يَمنطِقُ الغوّاصون بحِزام مُزوَّد بأثقال من الرصاص، فيُعادِلُ وَزْنُهم الإجماليّ عندئذٍ قوّةَ الدفْع الرافع. في حالة لتعدُّل هذه يكون الغوّاصون أقرب إلى العدم وزنًا، وتكون حالتهم أشبه بحال روّاد في مدار الأرض.

◄ خُطوط التَّحميل ◄

تَرتفِعُ المراكب في المياه الشديدة الكثافة لأنّها تَزيحُ من الماء تحتها كمّيّةً أقلّ. ميه البحر المالحة أشدّ كثافة من المياه العذبة، ومياه البحر حين تكون باردة أشدّ كثافة منها حين تكون دافئة. المَركب لمُحمَّل بأقصى طاقته في ميه بحر باردة قد يغرقُ إذ ما أبحَرَ في مياه بحر دافئة أو في نهر. لمنْع ذلك، تُعلَّم جوانب المركب بخطوط تُسمّى خطوط پلمسول تحدّد مستوى طاقة التَّحميل القُصوى في المياه المختلفة.

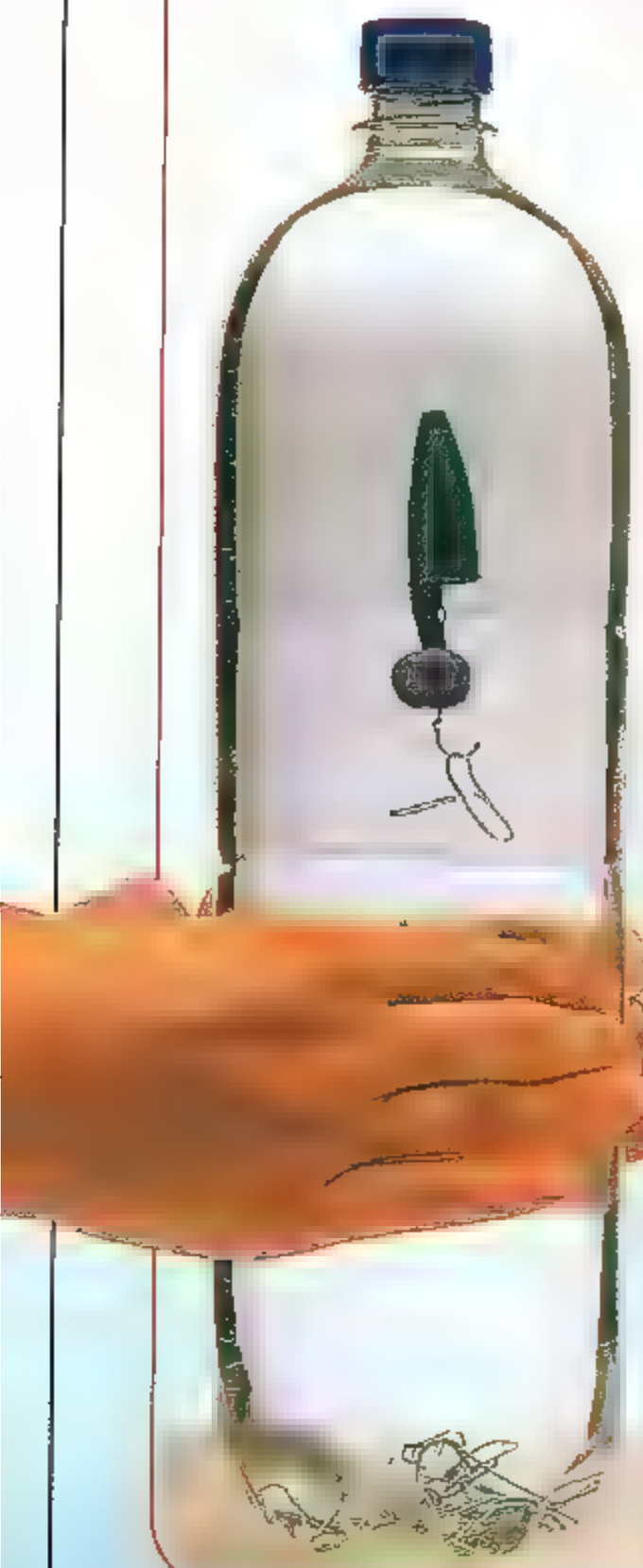
مراكب الصيد هذه غير مُحمَّلة، لذا تقلّ كثافتها وترتفِعُ عاليًا في الماء

تعالَ نجرِّب

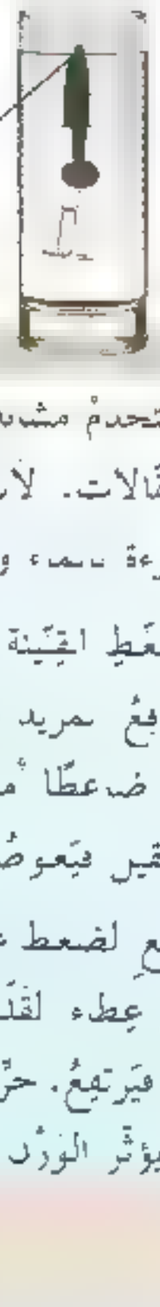
غَوّاص أعماق البحار

إصنَعْ غوّاصًا لُعبةً يغوصُ ويطفو وَفْقَ مبدأ أرخميدس.

اللوازم. معجون تشكيل؛ غِطاء قلم پلاستيكيّ؛ كوب ماء؛ مشابك ورق؛ قنّينة ماء پلاستيكيّة فارغة ذات غطاء.



1 ثبّتْ كُتلة من معجون التشكيل بطرف غطاء قلم پلاستيكيّ. عدِّلْ كمّيّة المعجون بحيث يطفو لغطاء في كوب ماء ويرتفِعُ أعلاه قليلًا فوق سطحه.



في غطاء يثقَل فقّاعة هواء مُحتبَسة يخفّفُ من وَزْنه فيطفو.

سُدَّ أيّ فُتحة في غِطاء القلم بمعجون تشكيل.

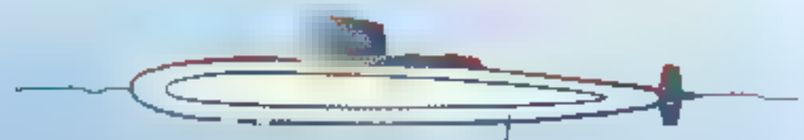
2 استخدِمْ مشابك ورق تصنَعُ منها حُصَيّات وثقّالات. لأن صنعُ غوّاصتك في القنّينة مملوءة ماء وسُدَّ فتحتها بغطائها المُوَلَّبيّ.

3 اضغَطِ القنّينة برفق. يغوصُ غوّاص إذ يدفعُ بمزيد من الماء إلى داخل غِطاء القلم. ضعْطًا أمامه فُقّاعة لهواء الغوّاص لأن ثقيل فيَغوصُ.

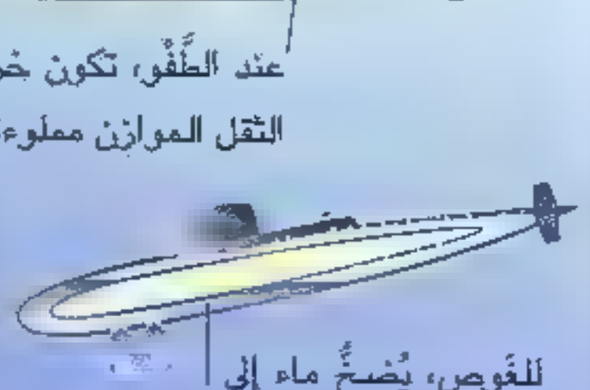
4 ارفَعِ الضغط عن القنّينة يخرُجُ الماء الزائد من غِطاء القلم فيَخِفُّ وَزْن الغوّاص ويعودُ فيَرتفِعُ. جرِّبْ إضافة مشابك ورق لترى كيف يؤثّر الوزْن الزائد على غوّاصتك.

الغَوّاصات

تَعمَلُ الغوّاصة بطريقة مُشابِهة للغوّاص اللُّعبة أعلاه. تُملأُ خزّانات خاصّة تُدعى خزّانات الثقل الموازِن بالهواء أو بالماء. عندما تكون الغوّاصة على سطح الماء تكونُ الخزّانات مملوءة هواءً. وَزْن الغوّاصة يوازِنُ قوّة الدفْع الرافع فتطفو. وعند الغَوص، تُملأُ الخزّانات بالماء فتَثقُلُ الغوّاصة يُصبِحُ وَزْن الغوّاصة الآن أعظم من قوّة الدفْع الرافع، فتغوصُ. للصُّعود إلى السطح ثانية، يُضَخُّ في خزّانات هواء مضغوط يُخرِجُ المياه منها، وبذلك يَخِفُّ وَزْن الغوّاصة فترتفِعُ.



عند الطَّفْو، تكون خزّانات الثقل الموازِن مملوءة بالهواء.



للغَوص، يُضخُّ ماء إلى الخزّانات ممّا يَزيد في وَزْن الغوّاصة.

عند الصُّعود إلى السطح، يُضَخُّ الهواء إلى الخزّانات، فيَخِفُّ وَزْن الغوّاصة وترتفِع

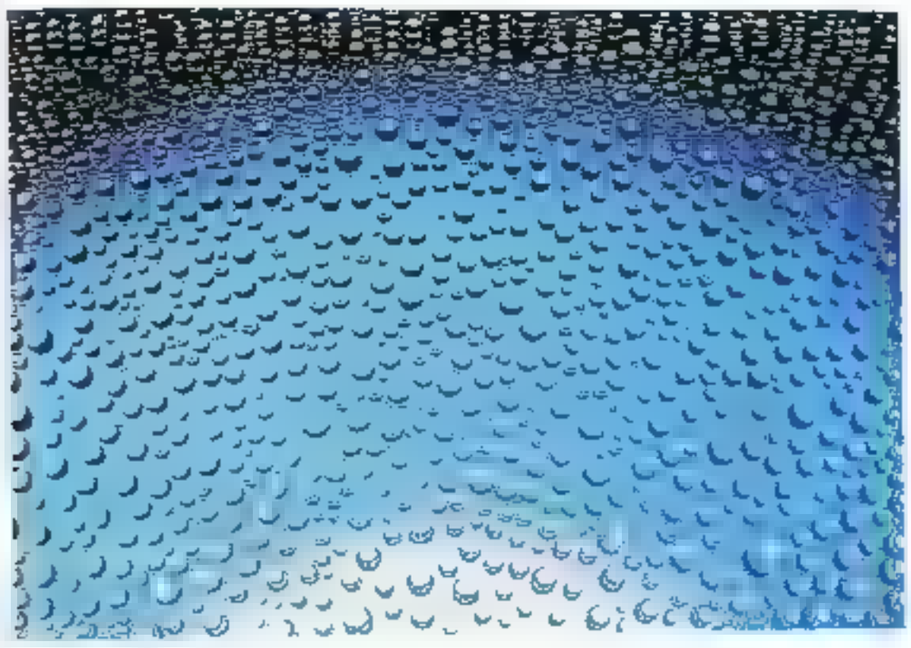
التوتُّر السطحيّ

بأناةٍ ضعْ مِشبَكَ ورقٍ فولاذيًّا في كوبِ ماءٍ بحيث يطفو على السطحِ.

الفولاذُ أشدُّ كثافةً من الماءِ، فكيف يطفو مِشبَكُ الورقِ؟ الماءُ والعديدُ من السوائلِ الأخرى يبدو وكأنّ لها قِشرةً رقيقةً فوق سطحِها. هذه «القشرةُ» هي التي تَدعَمُ مِشبَكَ الورقِ. قِشرةُ السوائلِ يَتسبَّبُ بها ما تَتعرَّضُ له جُزيئاتُ السطحِ من شدٍّ نحو الداخلِ. تكونُ النتيجةُ ما نُسمّيهِ بالتوتُّرِ السطحيِّ، وهو ما يُفسِّرُ كيف أنّ بعضَ أنواعِ الحشراتِ بإمكانِها أن تَمشيَ على الماءِ، وكيف أنّ الندى يُشكِّلُ على شُعَّ العَنكَبوتِ قطراتٍ كُرويّةً دقيقةً، وكيف أنّ الماءَ وحدَهُ لا «يُبلِّلُ» الأطباقَ المُلوَّثةَ بالدُّهْنِ.

المشي فوق الماء

مُتزلِّق البِرَك ينزلِقُ بسرعة فوق قِشرة مطّاطة يُشكِّلها التوتُّر السطحيّ على الماء. وهو يوزِّعُ وزنَه على مِساحة كبيرة بالتوسيع بين رِجلَيه. تتمدَّدُ قِشرة الماء قليلًا تحت وزن هذه الحشرة الدقيقة لكنّها تكون من القوّة بحيث تحمِلُها.



قَطَرات كُرَويّة

التوتُّر السطحيّ يؤدّي إلى أن تأخُذَ قطرات الماء شكلًا كُرويًّا في وسط القطرة، تَنجذِبُ الجُزيئات انجِذابًا مُتساويًا في الاتّجاهات كلّها بفعل شدّ الجُزيئات المُحيطة. لكن على السطح، ما من جُزيئات في الأعلى للشدّ إلى الخارج، فلا يبقى إلّا الشدّ إلى الداخل. قوّة الشدّ الداخليّ هذه تَجذِبُ السطح إلى شكلٍ بأصغر مِساحة مُمكنة – شكلٍ كرويّ.

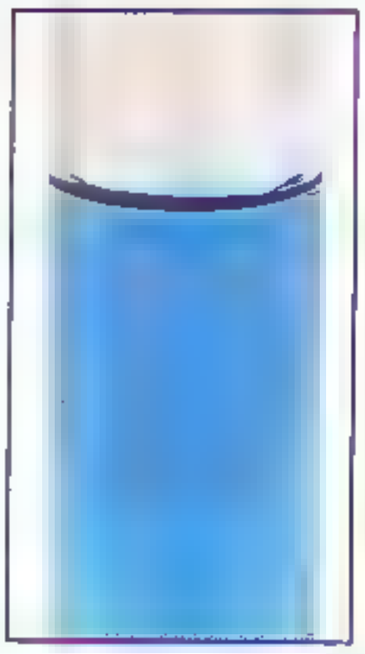
قُماش مانِع للماء

ثبِّتْ ضِمادة شاش فوق فُتحة قِنّينة ماء. اقلِبِ القِنّينة رأسًا على عَقِب، فلا يَسيلُ الماء، فقد حَجَزَه داخلًا التوتُّر السطحيّ للماء في ثُقوب خُيوط الضِّمادة. أقمشة الخِيام تمنَع تسرُّب الماء بطريقة مُشابهة.

ثبِّت قُماش ضِمادة الشاش فوق فُتحة القِنّينة برِباط مَطّاطيّ.

قوّة الفقاقيع

غطِّسْ دائرة من سِلك أو من بلاستيك في خَليط من سائل صابونيّ وغليسَرين وماء. يتسبَّبُ التوتُّر السطحيّ بتشكّل قِشرة من الماء الصابونيّ عبر الدائرة. انفُخْ في القِشرة، فتَتمدَّد مُشكِّلةً فقاقيعَ كُرويّة. الغليسَرين يريدُ في غِلَظ المحلول فلا تَنفجِرُ الفقاقيع بسهولة.

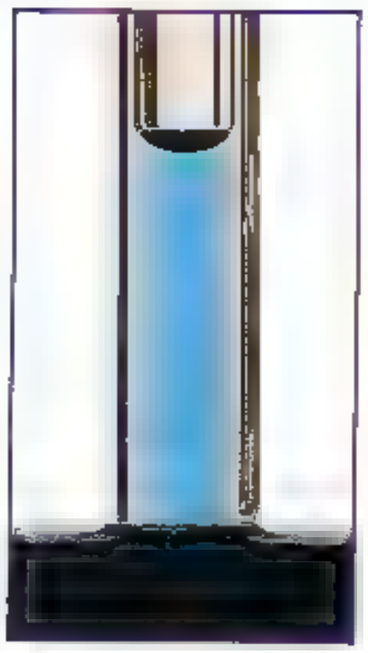


الإلتصاق والتماسُك

كثيرًا ما يكونُ للسائل في الوِعاء سطح مَحنيّ، نُسمّيه هِلالةً. للماء في الأنبوب الزجاجيّ (إلى اليمين) هِلالةٌ تنحني إلى الأعلى عند الأطراف لأنّ جُزيئات الماء أشدّ انجِذابًا إلى جُزيئات الزجاج منها إلى بعضها البعض. نُسمّي هذه القوّة قوّة الإلتصاق. للزِّئبَق في الأنبوب الزجاجيّ (إلى اليسار) هِلالة تنحني إلى الأسفل عند الأطراف. فجُزيئاتها أشدّ انجِذابًا بعضها إلى بعض منها إلى جُزيئات الزجاج. هذه القوّة نُسمّيها قوّة التماسُك.

الخاصّة الشَّعْريّة

ضعْ أنبوبًا ضيّقًا في سوائل بعَينها فيَرتفِعَ السائل داخل الأنبوب. نُسمّي ذلك الخاصّة الشَّعريّة. وهي تَحدُثُ عندما تكونُ جُزيئات السائل أشدّ انجِذابًا إلى جُزيئات الأنبوب منها إلى بعضها البعض. تَجِفُّ المناشف بفِعل الخاصّة الشَّعْريّة في خُيوطها.



تعال نجرِّب
التوتُّر السطحيّ

بإمكانِ موادّ بعَينها أن تكسِرَ التوتُّر السطحيّ في السائل. في هذه التجربة، التوتُّر السطحيّ للّبَن (الحليب) يَمسِكُ أصلًا قطرات مُلوّن الطعام في مَوضِعها. لكن ماذا يحدُثُ لقطرات ملوّن الطعام عندما تُضيفُ صابونًا سائلًا إلى الطبق؟ **اللوازم:** طبق مسطّح؛ ملوّن طعام؛ صابون سائل.

1 صُبَّ لَبَنًا في طبق مُسطّح واترُكْه ليَدفأ إلى حرارة الغرفة. استخدمْ قطّارة لتَقطُرَ منها على سطح اللّبَن بضع قطرات من مُلوّنات طعام مختلفة. لاحِظْ أنّ قطرات ملوّنات الطعام تُشكّل على السطح دوائر مختلفة. ملوّنات الطعام لا تكسِرُ التوتُّر السطحيّ للّبَن.

2 استخدمْ قطّارة مختلفة، وقطُرْ منها على اللّبَن شيئًا من الصابون السائل. راقِبْ ملوّنات الطعام تَنتشِرُ إذ تبدأُ القِشرة المَرِنة على سطح اللّبَن بالتفكُّك حيث وَقَعَت قطرات الصابون السائل. عندئذٍ يشُدُّ التوتُّر السطحيّ الأقوى حول أطراف الطبق اللّبَنَ ومُلوّنات الطعام نحو الخارج.

تتداخَل ملوّنات الطعام واللّبَن بحركة دوّامية.

الغازات

لا نستطيعُ أن نرى عادةً الغازاتِ أو أن نَشعُرَ بها، لكنّ الغازاتِ موجودةٌ مثلُها مثلُ الحالتَينِ الأُخريَينِ للمادّةِ – الجوامدُ والسوائلُ. المسألةُ فقط هي أنّ جُزيئاتِ الغازاتِ شديدةُ التباعُدِ. نحن نعيشُ في قاعِ طبقةٍ واسعةٍ من الغازاتِ تشكِّلُ جُزءًا من حوِّ الأرضِ. الهواءُ من حولِنا لا يتشكَّلُ من غازٍ واحدٍ، بل من خَليطٍ من غازاتٍ عدّةٍ، منها غازانِ رئيسيّانِ هما النِّتروجين والأكسجين – وهو الغازُ الذي ينبغي أن نَتنفّسَه لنَبقى على قَيدِ الحياةِ. الهواءُ لا لَونَ له ولا رائحة. لكنّ لغازاتٍ أخرى لَونًا، مثلِ الكلورِ الأخضرِ المُصفَرِّ. ولبعضِها رائحةٌ، مثلِ كِبريتيد الهِدروجين ذي الرائحةِ المُنتِنةِ كرائحةِ البَيضِ العَفِنِ!

تتنقّل جُزيئات الغازات بسرعة كبيرة وفي الاتّجاهات كلّها.

الغاز في حركة دائمة

جُزيئات الغازات في حركة دائمة، وهي تتنقّل تنقُّلًا سريعًا جدًّا. على سبيل المثال، جُزيئات الهواء تتنقّل في درجة حرارة الغرفة بسرعة تُقارب 1600 كم/سا. وبسبب سرعة تنقُّل الغازات هذه، فإنّها تملأُ أيّ مسكوب تُوضع فيه بسرعة كبيرة. ولأنّ جُزيئاتها مُتباعِدة جدًّا، فكثافتها أقلّ كثيرًا من كثافة الجوامد والسوائل. إذ لترٌ من الغاز في درجة حرارة الغرفة وفي الضغط الجوّيّ الداخلي لا يزيد وزنُه إلّا قليلًا عن غرام واحد، في حين أنّ لترًا من الماء في الظروف نفسها يزنُ كيلوغرامًا

قوانين الغازات

تَختلفُ خَواصّ الغازات عن خَواصّ الجوامد والسوائل. للجوامد حجم وشكل محدّدان. للسوائل حجم محدّد لكن ليس لها شكل مُحدّد. أمّا الغازات فليس لها حجم محدّد ولا شكل مُحدّد. الغازات تتّخذُ حجم الوعاء الذي تكون فيه، ويُمكِنُ تقليصُها في حجم أصغر بالضغط. ازدياد حرارة الغازات قد يؤدّي إلى زيادة حجمها أو ضغطها. لذا، فإنّ العلاقة بين حجم الغازات وضغطها ودرجة حرارتها صيغت قوانين ثلاثة.

قانون بويل

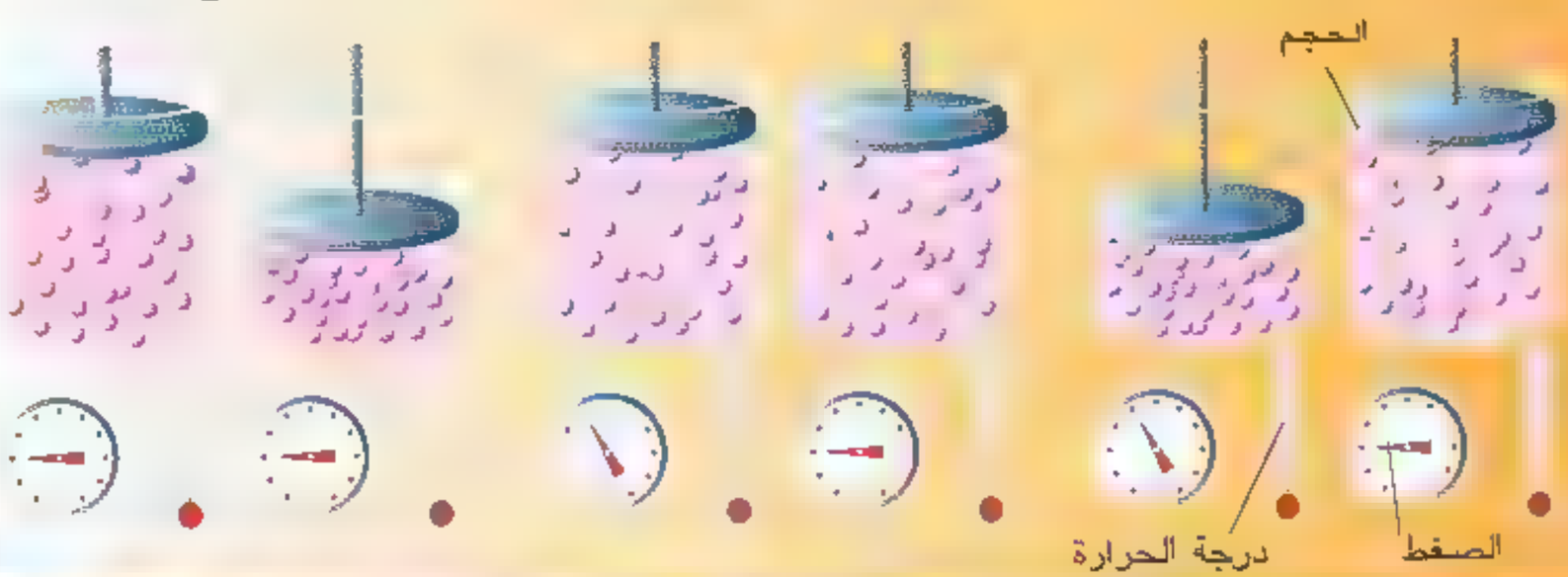
الكيميائيّ الإنجليزيّ روبرت بويل كان أوّل من وضع هذا القانون، وذلك في العام 1662. يقولُ القانون إنّه إذا كانت درجة حرارة الغاز ثابتة، يزدادُ ضغطه (ض) بانخفاض حجمه (ح). القاعدة ض × ح = ثابت.

قانون الضغط

يقولُ هذا القانون إنّه إذا كان حجم الغاز ثابتًا، يزدادُ ضغطه (ض) بارتفاع درجة حرارته (د). القاعدة: ض/د = ثابت.

قانون شارل

العالم الفرنسيّ جاك شارل كان أوّل من قال بهذا القانون في نحو العام 1787. يقولُ القانون إنّه إذا كان ضغط الغاز ثابتًا، يزداد حَجمه (ح) بازدياد درجة حرارته (د). القاعدة: ح/د = ثابت.



انتشار الغازات

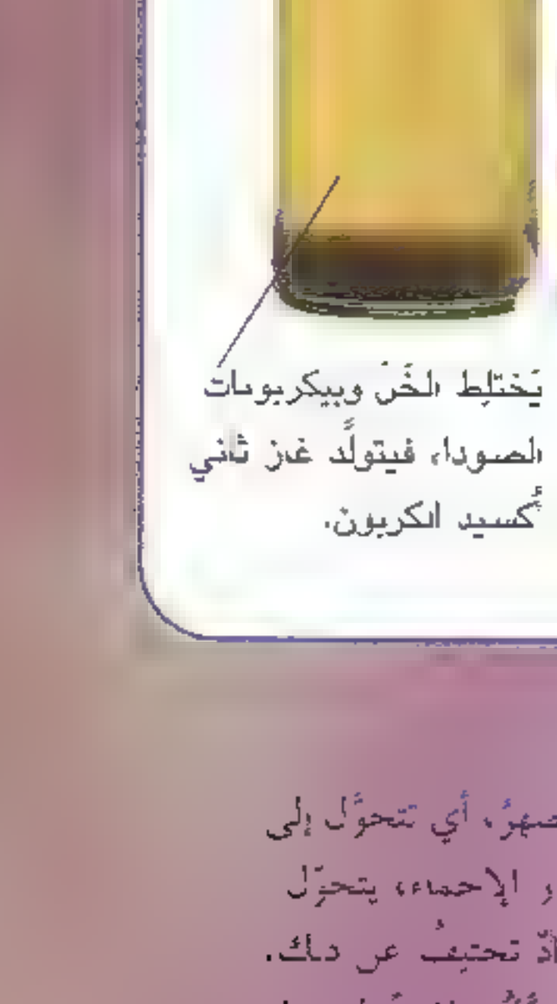
تَختلِطُ الغازات بعضها ببعض اختلاطًا تامًّا وبسرعة، وذلك بفِعْل تنقُّلها السريع للغاية. هذه العمليّة تُسمّى انتشارًا. بإمكاننا أن نَشُمَّ عِطر زهرة لأنّ جُزَيْئات عطرها تنتشِرُ عبر الهواء الذي تَتنشَّقُه أُنوفنا. بإمكانِ الغازات أن تنتشِرَ أيضًا في السوائل وتنتشرَ خارجةً منها. يحدُث هذا في رئاتنا، حيث ينتشِرُ الأكسجين من الهواء إلى الدم، وينتشِرُ غاز ثاني أُكسيد الكربون خارجًا من الدم إلى الهواء. الغازات تنتشِرُ عبر الجوامد أيضًا. كثيرًا ما يَتِمُّ ذلك خلال إنتاج الرقائق الصُّغريّة (ص 145)، في عمليّة نُسمّيها إشابة، وفيها يُشرَّب السِّليكون النَّقيّ بعناصر مختلفة.

غاز البْروم ينتشِرُ في الهواء.

تعال نُجرِّب

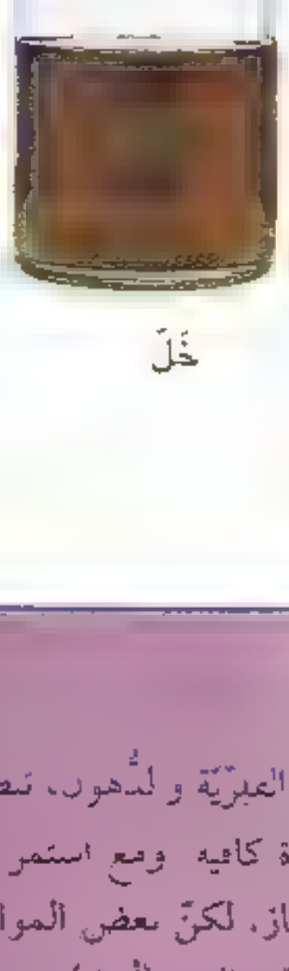
أَنتِجْ غازًا

عندما تفتَحُ قنّينة مشروب غازيّ، تَندفِعُ فقاقيع لغاز مُتفلِّتة من السائل. الغاز هو ثاني أُكسيد الكربون. في هذه التجربة، تولِّد غاز ثاني أُكسيد الكربون مُستخدمين تفاعُلًا كيميائيًّا بسيطًا. **اللوازم:** رائد مُشرف، قنّينة صيدلة بغطاء، قمع، بالون صغير غير منفوخ، حمّ، كمّيّة صغيرة من بيكربونات الصودا.



1 صُبّ في القنّينة حَلًّا بمقدار رُبعها. استخدِم القمع واملأ البالون غير المنفوخ ببيكربونات الصودا. مُدّ فُتحة البالون بأذنٍ فوق عُنُق الوحدة، واحرِص على ألّا تسقُط شيء من البيكربونات في القنّينة.

2 ارفَع البالون بسرعة بحيث تَسقُط البيكربونات في الحلّ. الحَلّ، وهو حمْض، يتفاعَلُ مع البيكربونات فيَطلِقُ غاز ثاني أُكسيد الكربون. يبدأ البالون بالانتفاخ، ويبدأ البالون يمتلِئ بالغاز. أدِرْ وجهك عن البالون المُمتلِئ حتّى لا يسقط.



التَّصعيد

معظم الجوامد، مثل المعادن العنزيّة والذُّهون، تنصهِرُ، أي تتحوّل إلى سائل، إذا ما تعرَّضَت لحرارة كافية. ومع استمرار الإحماء، يتحوّل السائل في نهاية الأمر إلى غاز. لكنّ بعض المواذّ تختفي عن ذلك. على سبيل المثال، عندما يُحمّى اليود (أدناه)، يتحوّلُ مباشرةً إلى غاز أُرجواني من غير أن يَنصهِرَ أوّلًا إلى سائل. هذه العمليّة نُسمّيها التصعيد. الجليد الجافّ (ثاني أكسيد الكربون المتجمّد) يحدُثُ له الشيء نفسه، إذ يتحوّلُ مع الإحماء مباشرةً إلى غاز.

الهواء

لا نستطيعُ أن نرى الهواءَ أو أن نَذوقَه، لكنّه من حولِنا وحوالَينا. نعيشُ في قاعِ مُحيطٍ عظيمٍ من الهواءِ نُسمّيه الجوّ. لولا الجوُّ لما كان في الأرضِ حياة. الجوُّ يُعطينا الأكسجينَ لنتنفّس، ويُرشّحُ الإشعاعاتِ الضارّةَ الآتيةَ من الشمس، ويعملُ عملَ غِطاءٍ يحافِظُ على درجةِ حرارةٍ صالحةٍ للعَيشِ. نحن إذ نُحرقُ الوُقودَ، ومنها وُقودُ السيّارات، نُطلِقُ في الجوِّ كمّياتٍ متزايدةً من غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ، ممّا يجعلُه يحتبسُ المزيدَ والمزيدَ من الحرارة. ويبدو أنّ هذا الحُمُوَّ العالَميّ يترُكُ أثرَهُ في أنماطِ الطقسِ في العالَم.

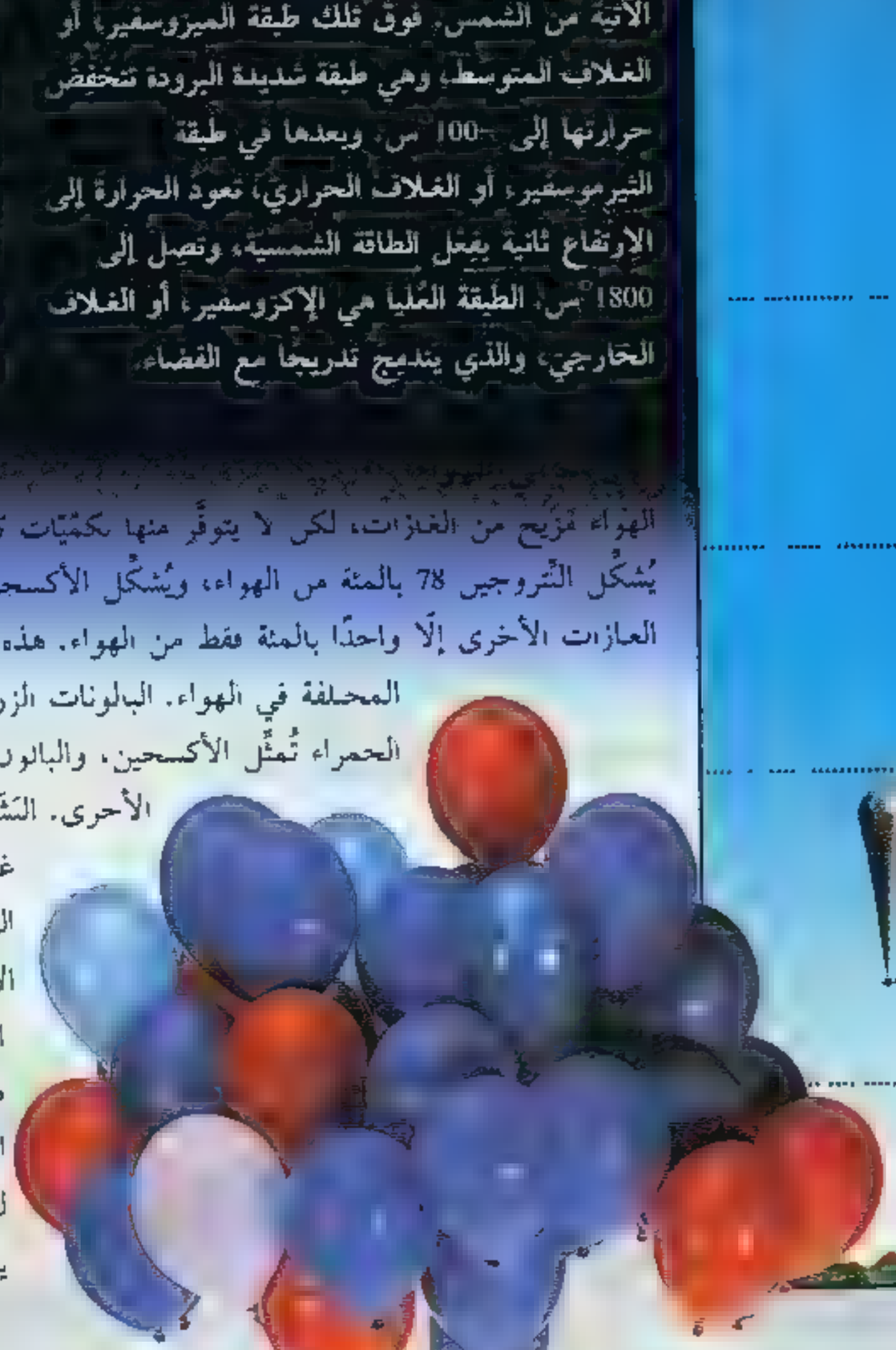
هواء ساخن

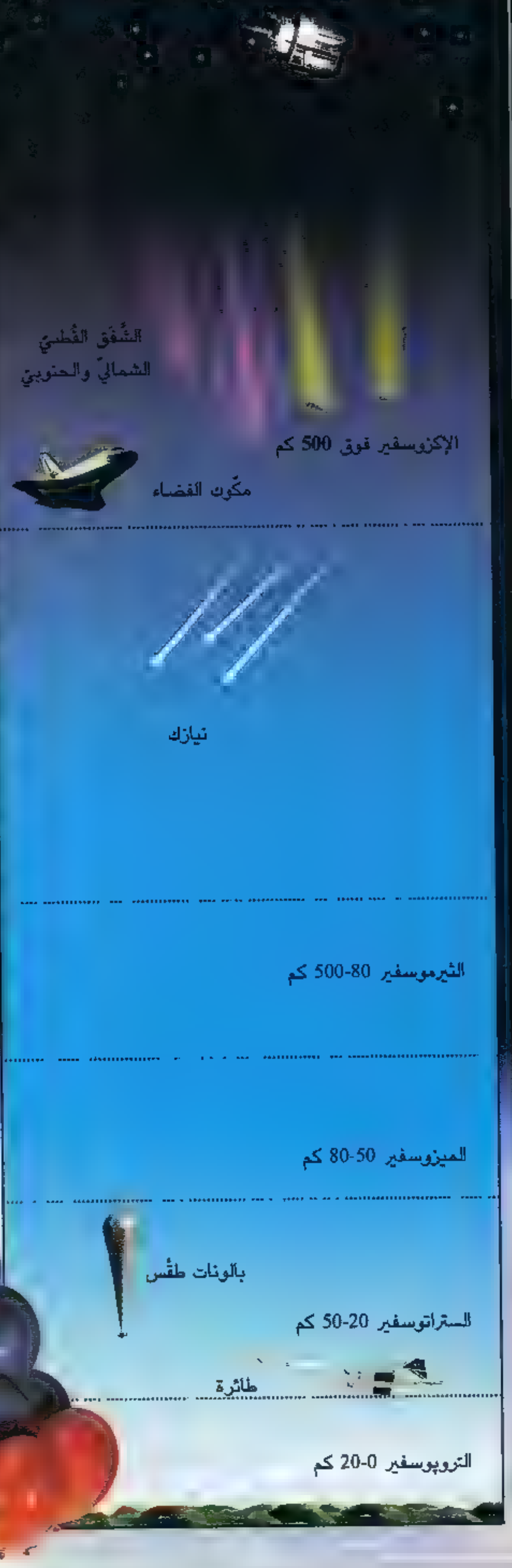
بالونات الهواء الساخن ترتفع في سماء الصباح. الغاز المحترق يسخن الهواء داخل البالون، إذ يزداد الهواء في البالون سخونة، يتمدد أيضا ويخف وزنا (يقل كثافة) عما هو عليه الهواء البارد في الخارج، وهو ما يتسبب بارتفاع البالون.

الجوّ

لجوّ الأرضِ خمسُ طبقات، أقربُها إلى سطحِ الأرضِ طبقةُ التروبوسفير، أو الغلافُ الجويّ السُفليّ. في هذه الطبقةِ أيضاً تحدثُ معظمُ أنشطةِ الطقسِ. الطبقةُ التاليةُ هي طبقةُ الستراتوسفير، أو الغلافُ الجويّ الطبقيّ، وتحتوي على طبقةِ الأوزونِ التي ترشّحُ الإشعاعاتِ الضارّةَ الآتيةَ من الشمس. فوقَ تلكَ طبقةُ الميزوسفير، أو الغلافُ المتوسّط، وهي طبقةٌ شديدةُ البرودةِ تنخفضُ حرارتُها إلى -100 س. وبعدَها في طبقةِ الثيرموسفير، أو الغلافِ الحراريّ، تعودُ الحرارةُ إلى الارتفاعِ ثانيةً بفعلِ الطاقةِ الشمسيّة، وتصلُ إلى 1800 س. الطبقةُ العُليا هي الإكزوسفير، أو الغلافُ الخارجيّ، والذي يندمجُ تدريجاً مع الفضاء.

الهواءُ مزيجٌ من الغازات، لكن لا يتوفّرُ منها بكمّيّاتٍ كبيرةٍ إلّا النّتروجين والأكسجين. يُشكّلُ النّتروجين 78 بالمئة من الهواء، ويُشكّلُ الأكسجين 21 بالمئة منه، ولا تُشكّلُ الغازاتُ الأخرى إلّا واحدًا بالمئة فقط من الهواء. هذه البالوناتُ تُري ستةَ الغازاتِ المختلفةَ في الهواء. البالوناتُ الزرقاءُ تُمثّلُ النّتروجين، والبالوناتُ الحمراءُ تُمثّلُ الأكسجين، والبالونُ الأبيضُ يُمثّلُ سائرَ الغازاتِ الأخرى. البَشَرُ يتنفّسونَ الأكسجينَ من هواءِ غلافِ التروبوسفير، وكذلكَ الحيواناتُ. الواحدُ بالمئةِ للغازاتِ الأخرى يشتملُ على ثاني أُكسيدِ الكربونِ وبُخارِ الماء، وكِلاهما ضروريّانِ للحياةِ على الأرض. النباتاتُ تأخُذُ ثاني أُكسيدِ الكربونِ لتُخلّقَ، أو لتصنَعَ، غذاءَها بينما يتحكّمُ بُخارُ الماءِ بالطقس.





تعال نـجرِّب
اِصنَعْ مُطفِئة حرائق

للغازات كلّها في الهواء خواصّ مختلفة. ثاني أُكسيد الكربون، على سبيل المثال، أشدّ كثافة من الهواء ولا يدعم الاحتراق، وهذا يعني أنّ الأشياء لا تحترق في ثاني أُكسيد الكربون كما تحترق في الأكسجين. هاتان الخاصّتان تجعلان من ثاني أُكسيد الكربون مادّة مِثالية لمُطفئات الحرائق. **اللوازم:** راشد مُشرِف؛ شمعة صغيرة؛ طاس مسطّح؛ بِقاب؛ قِنّينة؛ بيكربونات الصودا؛ خَل

1 ضع شمعة صغيرة في طاس مسطّح واُضِئ الفتيل بانتباه. صُبّ بيكربونات الصودا في قِنّينة، وأتبعها بشيء من الخَل يفور المزيج ويطلق غازًا غير مرئي، هو غاز ثاني أُكسيد الكربون. غطِّ القِنّينة بإبهامك لمنْع غاز ثاني أُكسيد الكربون من التفلُّت.

2 قرّب بأناة فتحة القِنّينة فوق الشمعة المُلتهبة وأبعِدْ إبهامك. ينطلق غاز ثاني أُكسيد الكربون المُكثّف فيزيح الأكسجين وتنطفئ الشُعلة.

لمّا كان غاز ثاني أكسيد الكربون أشد كثافة من الهواء، فإنه يهبط من القِنّينة ويطفئ الشُعلة.

احرِص على ألا ينسكب شيء من السائل.

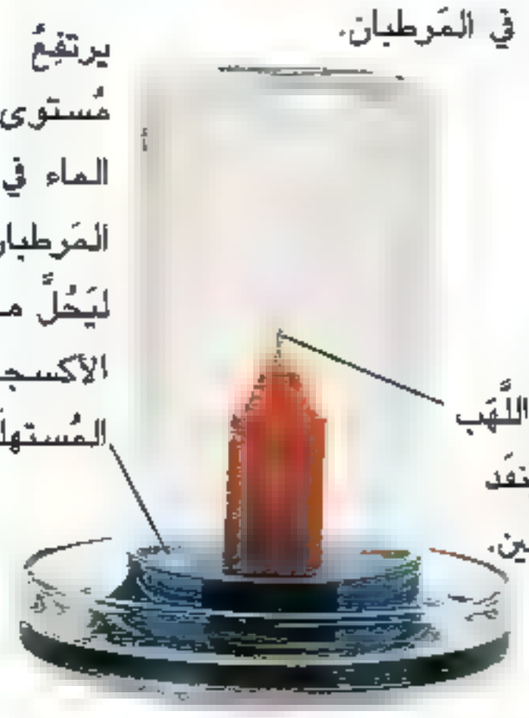
تعال نـجرِّب
أكسجين في الهواء

ماذا يحدُث عندما يَنقطِع الأكسجين عن النار؟ كيف نستطيع أن نقدِّر كمّيّة الأكسجين في الهواء؟ العديد من العُلماء يَستخدِمون هذه التجربة ليَعرِفوا المزيد عن الهواء. **اللوازم:** راشد مُشرِف؛ شمعة؛ معجون لَصوق؛ طاس مسطّح من الماء؛ بِقاب؛ مَرطبان واسع الفُتحة.

1 ألصِقْ في وسط الطاس المسطّح قطعة من معجون لَصوق. الآن ألصِق الشمعة إلى المعجون اللصوق، وتثبّتْ من أنّ الشمعة راسِخة في مَوضِعها. صُبّ ماء في الطاس إلى ثلثَيه. أَضِئ الشمعة. ركِّز المَرطبان بأناة فوق الشمعة مقلوبًا رأسًا على عَقِب لمنْع الهواء عنها. سجِّلْ مستوى الماء في المَرطبان.

2 لاحِظْ كيف يَرتفِع مستوى الماء في المَرطبان إذ تَحترِق الشمعة. اللَّهَب يَستهلِكُ الأكسجين داخل المَرطبان، متسبِّبًا بارتفاع المزيد من الماء للحُلول محلّ الأكسجين المُستهلَك.

3 سرعان ما يَنطفئ اللَّهَب لأنّه يكون قد استهلَكَ أكسجين المَرطبان كلّه. لاحِظ مُستوى الماء مرّة أخرى. ارتفَعَ الماء في المَرطبان ليَحُلّ محلّ الأكسجين المُستهلَك.



الجوّ قديمًا

قبل ما يَزيد على أربعة بلايين سنة، تَولّد جوّ الأرض بفِعْل البراكين الثائرة. البراكين أَطلَقَت غازات مثل النِّتروجين وثاني أُكسيد الكربون وبُخار الماء. إذ بَرَدَت الأرض، تكثّف معظم بُخار الماء الذي في الجوّ وتشكّلَت من ذلك المُحيطات. البراكين، كبُركان بوبو كاتيبتّل في المكسيك (أعلاه)، لا تزال تثور وتُطلِق في الجوّ الغُبارَ وثاني أكسيد الكربون وبُخار الماء.

ضغط السوائل

هل تعلَمُ أنّك تحمِلُ ما وزْنُه 15 طنًّا؟ هذه هي القوّة التي يتسبَّبُ بها ضغطُ الهواءِ في الجوّ على جسمِك. أنت لا تشعُرُ بهذا الضغطِ لأنّ الهواءَ داخلَ جسمِك يضغطُ في اتّجاهٍ معاكسٍ وبالقوّةِ نفسِها. وزْنُ الهواءِ الكبيرُ فوقَ رؤوسِنا يتسبَّبُ بضغطِ الهواءِ. الموائعُ كلُّها – الغازاتُ والسوائلُ – تضغطُ بطريقةٍ مُشابهةٍ. للضغطِ في العِلمِ معنًى محدَّدٌ، وهو أنّه القوّةُ التي تضغطُ نزولًا على مساحةٍ معيَّنةٍ، وتُقاسُ بوحداتِ النيوتُن على المترِ المُربَّعِ (بَسْكال).

مُقاوَمة الضغط

الضغط عند أيّ نقطة في مائع يعتمِدُ على وزْنِ المائع فوقها. ضغط السوائل أكبر كثيرًا من ضغط الغازات لأنّ السوائل أشدّ كثافةً وأثقل وزنًا. في الماء، يكونُ الضغط في عُمق 10 م تحت السطح ضعف الضغط الجوّي – أي الضغط عند سطح الماء. وفي عمق نحو 30 م يكون الضغط أربعة أضعاف الضغط الجوّي. الغوّاصون الذين يغوصون إلى أعماق بعيدة في البحر يواجهون ضغطًا أشد بكثير قد يسحق أجسامهم. ولهذا فهم يلبسون بِذَلات معدنيّة خاصّة مقاومة للضغط العالي، مثل هذه البِذْلة التي في الصورة (إلى اليسار).

أعمق الأعماق

يمكنُ استكشافُ أعمق المناطق البحريّة بغوّاصات خاصّة بالأعماق أبدانُها مقاومة للضغط. غوّاصةُ الأعماق ألفِن (أدناه) يمكنُ أن تهبط في الماء إلى عمق 4500م. وأعمقُ نقطة في البحر وصلتها الغوّاصة تريست التي هبطت في العام 1960 إلى عُمق يقارب 11 كم.

قدرة المياه

المُهندسون يستخرون ضغط الماء لإنتاج الكهرباء. تسمّي تلك القوّة الكهرمائيّة، أو الهيدروكهربائيّة. وهي توفّر اليوم نحو ربع الطاقة الكهربائيّة في العالم. معظم محطّات الطاقة الكهرمائيّة مبنيّة عند السدود المائيّة، والتي تحتجز خلفها خزّانات ضخمة من المياه، أو بحيرات. تسحب المياه عبر أنابيب من أسفل الخزّان عبر السد إلى محطّة الطاقة. وهناك تمرّ عبر توربينات فتُدوّمها. تدوم التوربينات بدورها مولّدات لإنتاج الكهرباء. ولأنّ المياه تسحب من أسفل الخزّان فإنّها تكون عالية الضغط.

سد غلن كانيون ومحطة الطاقة الكهرمائية على نهر كولورادو في ولاية أريزونا الأميركية

تعال نـجرِّب
قياس ضغط الهواء

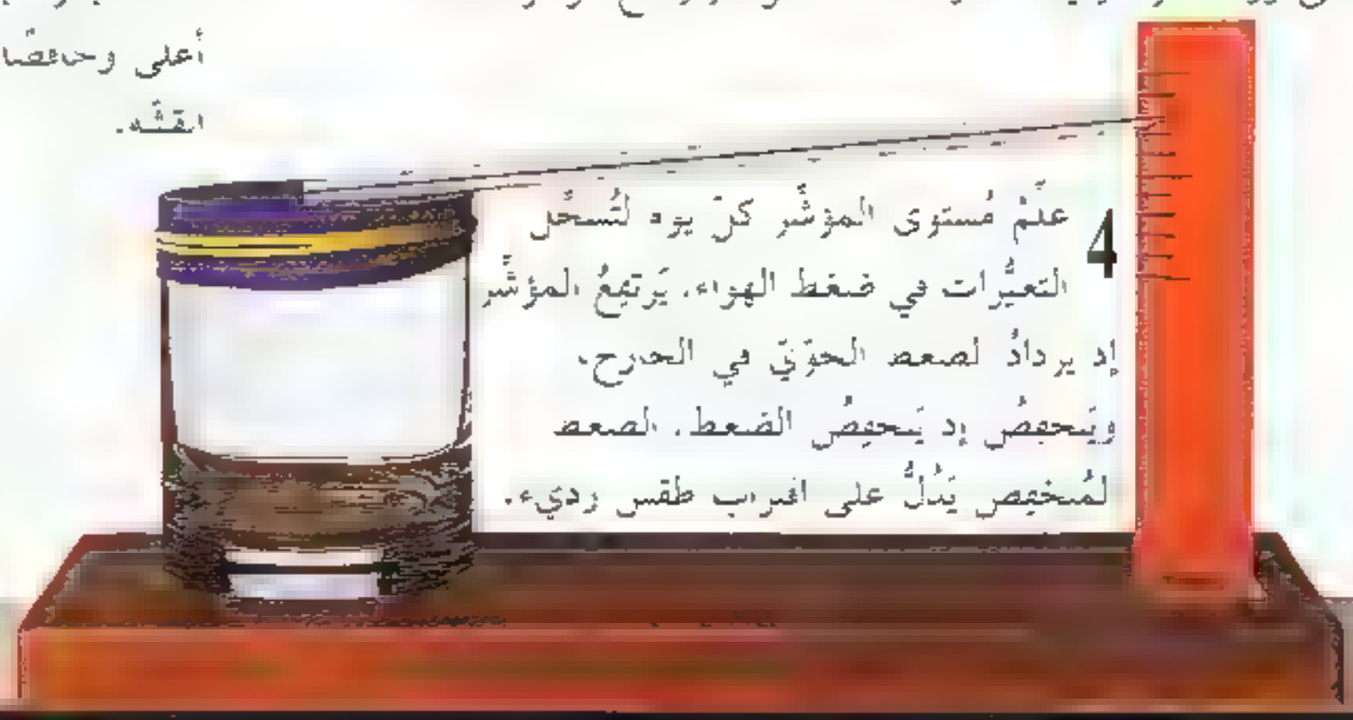
ضغط الهواء في الجوّ يتغيَّر على نحو متواصل، إذ يَرتفع الهواء الدافئ (ضغط مُنخفض) وينخفض الهواء البارد (ضغط عالٍ). بإمكانِ العُلماء، بقياس الضغط في مواضع مختلفة، أن يَعرفوا التغيُّرات التي تَطرأ على الطقس. يَقيسونَ ضغط الهواء بالبارومتر، أو مقياس الضغط الجوّيّ. بإمكانِك أن تصنعَ مرليًّا بارومترًا بسيطًا. **اللوازم:** كوب؛ بالون؛ أربطة مطّاطيّة؛ شريط لاصق مُزدوج الجانب؛ قَشّة شُرب (شفّاطة)؛ لَوح خشبيّ؛ ورق مقوّى؛ مِقَصّ

1 مُطّ البالون بأناة فوق فُتحة الكوب بذرع. ثبِّته في مكانه بأربطة مطّاطيّة متينة. قُصّ أحد طَرفي القشّة لعمل مؤشّر. ألصِق الطرف الآخر إلى البالون حطِّط على ورقة مُقوّاة مِقياسًا مُدرّجًا.

2 ثبِّت المِقياس على لوح الخشب بحيث يَصِلُ مؤشّر القشّة إلى المقياس. عندما يَرتفعُ ضغط الهواء في الخارج، يَكبِسُ الهواء داخل الكوب، متسبّبًا بانخفاض البالون و ارتفاع مؤشّر القشّة.

3 عندما ينخفضُ ضغط الهواء في الخارج، يَتمدَّدُ الهواء داخل الكوب، دافعًا البالون إلى أعلى وخافضًا مؤشّر القشّة.

4 علِّم مُستوى المؤشّر كلّ يوم لتُسجِّل التغيُّرات في ضغط الهواء. يَرتفعُ المؤشّر إذ يزدادُ الضغط الجوّيّ في الخارج، ويَنخفضُ إذ يَنخفِضُ الضغط. الضغط المُنخفض يَدُلُّ على اقتراب طقس رديء.



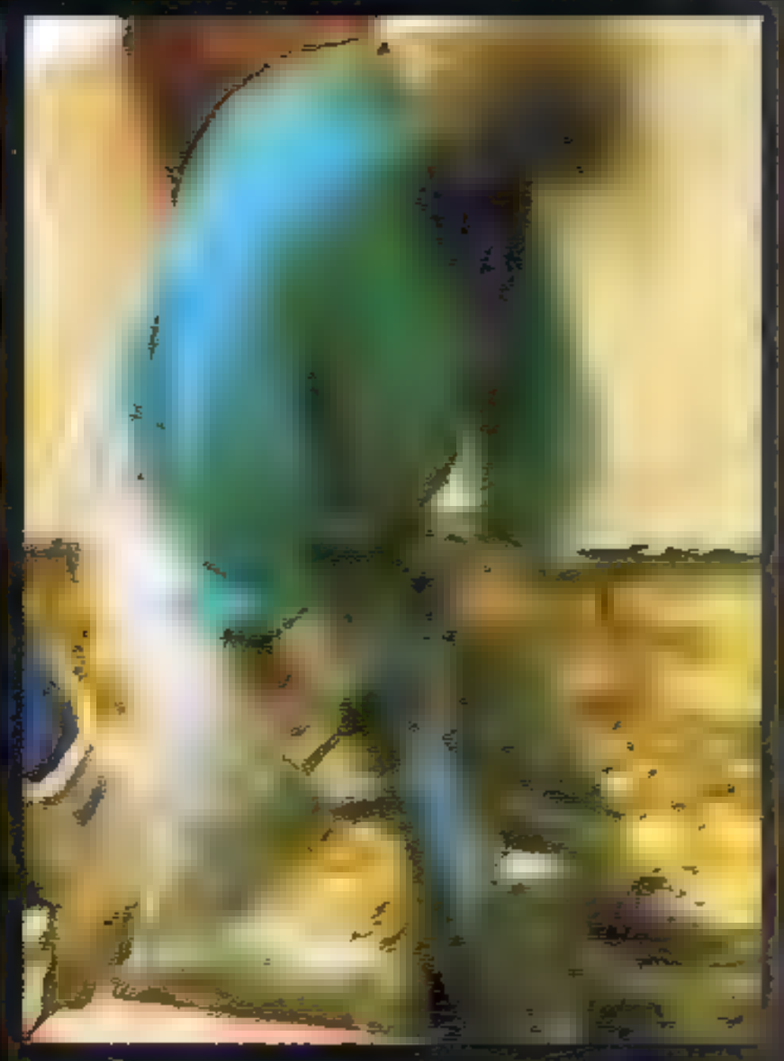
ضغط الهواء
يضغطُ الهواء في الجوّ على أجسامنا بقوّة نحو 100 كيلوپسكال أو كيلوغرام واحد على كلّ سنتيمتر مربع. نُسمّي هذا الضغط الجوّيّ. الهواء لا يضغطُ نُزولًا فحسب، بل يضغط في الاتّجاهات كلّها، بما فيها صعودًا. يمكنُ التثبُّت من ذلك بتجربة لطيفة. املأ كوبًا بالماء إلى حافته وضع بطاقة على أعلاه. اضغط يدك على البطاقة، ثمّ اقلِب الكوب رأسًا على عقب. الآن أزِح يدك. تبقى البطاقة حيث هي، وقد ثبّتها في مكانها ضغطُ الهواء وحده.

تعال نـجرِّب
القُدرة الهيدروليّة

في مكابح القدم في السيّارة وفي ذراعَي الحفّارة أنظمة هيدروليّة لنقل القُدرة. في النظام الهيدروليّ، يَدفع كبّاسٌ السائلَ عبر أنبوب ليدفعَ بدوره كبّاسًا آخر، كما في التجربة. إيّاك أن تُقرِّب رأسَك من وجهك، إذ قد يَطير جُرء منه تحت الضغط. **اللوازم:** محقنتا تزييت كعك؛ أنبوب بلاستيكيّ؛ ماء

1 املأ المحقنة بالماء وصِلْها بأنبوب بلاستيكيّ. املأ المحقنة الأخرى إلى نصفها بالماء وصِلْها بالطرف الآخر للأنبوب.

2 اِضغَط المحقنة الأولى، فيَرتفعُ الكبّاس في الأخرى. الماء حمل الضغط من كبّاس إلى آخر.



الهواء المضغوط
عندما تنفخ إطارات العجلة بالهواء، أنت تكبس مزيدًا من الهواء في الموضع نفسه وتزيد ضغطه. الهواء المضغوط مصدر قوّة يُفيد في تشغيل المكنات، بما فيها المِثقاب النفخيّ الذي يحفر الطرق.

جَرَيان الموائع

تَزِنُ أكبرُ طائراتِ الرُّكّابِ النفّاثةِ في العالَمِ مئاتِ الأطنانِ، ومع ذلك فهي قادرةٌ على الإنطلاقِ في الجوِّ والطَّيَرانِ. وهي قادرةٌ على ذلك بفِعْلِ القوى التي يوفِّرُها الهواءُ حول الجَناحَينِ. يُدعى العِلْم الذي يتناوَلُ جَرَيانَ الموائعِ - السوائل والغازات - بالعِلْم الهيدروناميِّ، أو الحَراكيِّ المائعيِّ. ولهذا العِلْمِ أهمّيّتُهُ في مجالاتٍ عدّةٍ. فهو يَتحكَّمُ، على سبيلِ المثالِ، بتَصميمِ الطائراتِ والسيّاراتِ، بل وبتَصميمِ الجُسورِ وناطِحاتِ السَّحابِ، والتي تَتأثَّرُ كلُّها بجَرَيانِ الهواءِ عليها. وعلى النحو نفسِهِ، تؤثِّرُ الطريقةُ التي يَجري بها الماء بتَصميمِ خُطوطِ الأنابيبِ والسُّفنِ والغوّاصاتِ، ممّا يُفسِّرُ السببَ الذي يَجعَلُ الأسماكَ وغيرَها من الكائناتِ المائيّةِ على ما هي عليه من شكلٍ.

نَشْر المُحرِّكات يدفَع الطائرة إلى الأمام.

كيف يَعمَل الطَّيران

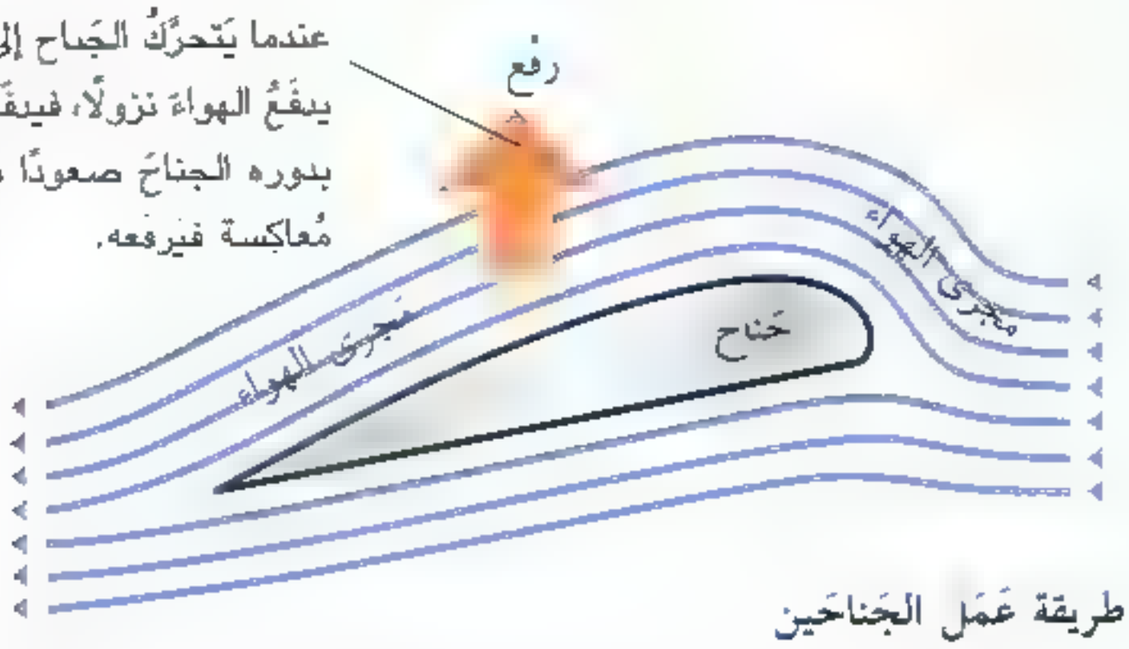
عِلْم الحركة الهوائيّة، أو الديناميّات الهوائيّة، هو العِلْم الذي يَتناوَل القوى العامِلة في الأجسام الطائرة في الهواء. إنّه العِلْم الذي يُفسِّر كيف تَطير الطائرات. يَكمُنُ سرُّ الطّيران في جناحَي الطائرة، اللذَين يولِّدان قوّة الرفع الضروريّة لدعْمها في الجوّ. القوى الرئيسيّة الثلاث الأخرى العاملة في طائرة محلِّقة هي وزنها ودَسْرها، أي قوّة دفْع محرِّكاتها، ومقاومة الهواء. في الطَّيران المنتظَم، تكون قوّة الرفْع مُساوية للوزن، ويكون الدَّسْر مساويًا لمقاومة الهواء.

يَستخدِمُ الدُّلفين زِعنِفتَيه الأماميّتين لتَوجيه نفسه عبر الماء.

جِلْد الدُّلفين الأملس الخالي من الشعر يَدعَم شكله الإنسيابيّ.

طريقة عَمَل الجَناحَين

الجَناحانِ مُصمَّمانِ بحيث يكون لهما سطح انسيابيّ رافع. عندما يجري الهواء بحذاء هذا السطح، تَتسارَعُ حركته نزولًا. تُرافِق قوّةَ حركة الهواء الهابطة هذه قوّةٌ صاعِدة مُقابِلة ومُساوِية لها، يَطبّقُ عليها قانون نيوتن الثالث في الحركة (ص 64-65) وهي قوّة رافِعة. إذا جرى الهواء فوق الجَناحَين بسرعة كافية، يتوفَّرُ من قوّة الرفْع ما يُمكِّن الطائرة من البقاء في الجوّ.



عندما يَتحرَّكُ الجَناح إلى الأمام، يدفَعُ الهواءَ نزولًا، فيدفَع الهواءُ بدوره الجناحَ صعودًا بقوّة مُعاكِسة فيرفعه.

رأسًا على عَقِب

سيّارات السّباق اليوم خفيفة جدًّا وتَنطلِقُ بسرعة فائقة، بحيث تكاد تطير! لمنْع حدوث ذلك، تُزوَّد سطحَي انسياب رافع مقلوبَين رأسًا على عَقِب، واحد في المؤخّرة والثاني في المقدّمة. سَطحا الإنسياب هذان يولِّدان قوّة نازِلة تُحافِظُ على السيّارة مشدودة في مسارها.

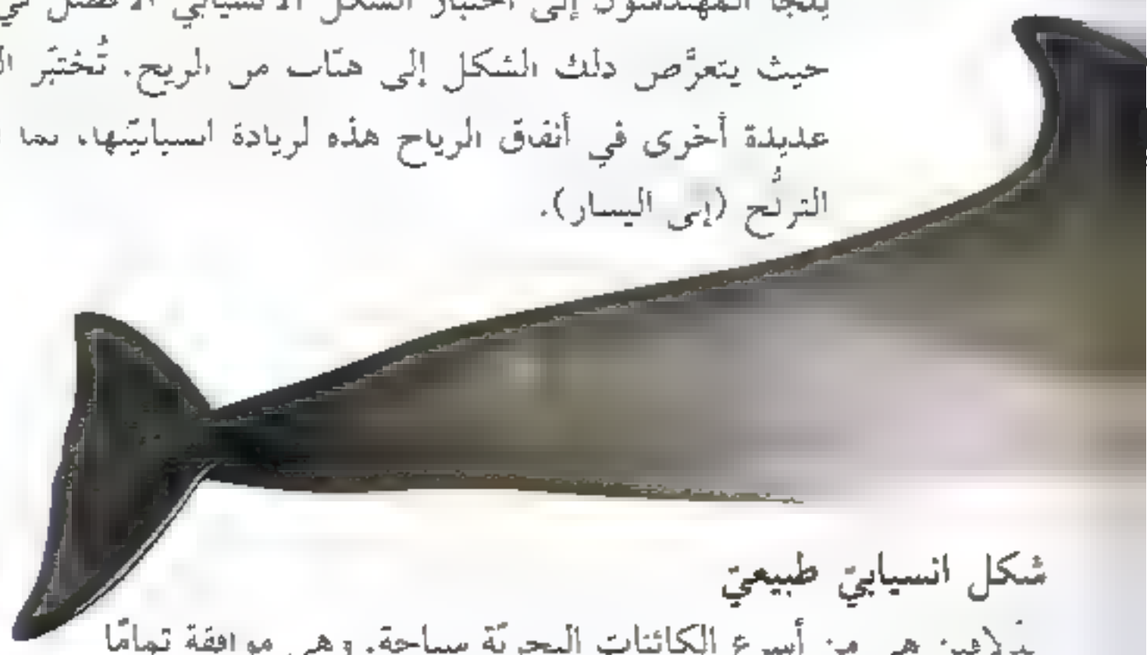
عندما يَتحرَّك الجَناح إلى الأمام، يدفَعُ الهواءَ نزولًا. فتدفَعُ قوّةٌ مقابلة إلى أعلى، رافِعةً الجَناح.

مقاوِمة الهواء تعمَل شادّة إلى الوراء.

وزن الطائرة يعمَل دافعًا إلى الأسفل.

الشكل الانسيابيّ

عندما تَنتقِلُ الأجسام عبر الموائع، تواجِه مقاومة بفعل الإحتكاك (ص 66-67)، وهذا يُبطئ حركتها. تواجِه الطائرات مقاومة هواء شديدة، وهي مُصمَّمة للتخفيف من تلك المقاومة إلى الحدّ الأدنى. أوّلًا، السطوح الخارجيّة كلّها مصنوعة بحيث تكون ملساء إلى أبعد حدّ. ثانيًا، تُبنى الطائرات على شكل انسيابيّ بحيث يجري الهواء حولها جَريانًا هيّنًا. يَلجأُ المهندسون إلى اختبار الشكل الانسيابيّ الأفضل في أعماق رياح حيث يتعرَّض ذلك الشكل إلى هبّات من الريح. تُختبَر اليوم أجسام عديدة أخرى في أنفاق الرياح هذه لزيادة انسيابيّتها، بما في ذلك عُدّة الترلُّج (إلى اليسار).



شكل انسيابيّ طبيعيّ

الدلافين هي من أسرع الكائنات البحريّة سباحة. وهي موافقة تمامًا لحياة التنقُّل تحت سطح الماء. فأجسامها ملساء وانسيابيّة بحيث تندفع في الماء بأقلّ ما يُمكِن من المقاومة. وهي تَستخدِمُ ذَيْلها في الاندفاع وزعنفتيها الأماميّتين في التوجُّه.

جناحان غائصان في الماء

المراكب العاديّة بطيئة نسبيًّا بفِعْل مقاومة الماء لأبدانها. أمّا المراكب الزَّلّاقة، كما المَركَب في الصورة، فإنّ بإمكانها أن تنطلِقَ بسرعة فائقة لأنّ أبدانها مرتفعة فوق سطح الماء. يَحمِلُ المَركَب جناحان غائصان في الماء، وهذان يولّدان قوّة رفْع إذ يدفعُ المَركَب في الماء

تعالَ نُجرِّب

تيّارات الهواء

من خصائص جَرَيان الموائع أيضًا أنّ ضغط المائع يتناقَص بازدياد سرعة جريانه. يُعرَف هذا بظاهرة بِرْنولي، على اسم الرياضيّ السويسريّ دانيال برْنولي (1700-82). بإمكاننا أن نستخدِمَ هذه النظريّة لتفسير كيف يجعَل كرة بِنْغ-بونْغ تحوِّم في الهواء. **اللوازم**. مُجفِّفة شعْر للتريد؛ كرة بِنْغ بونْغ.

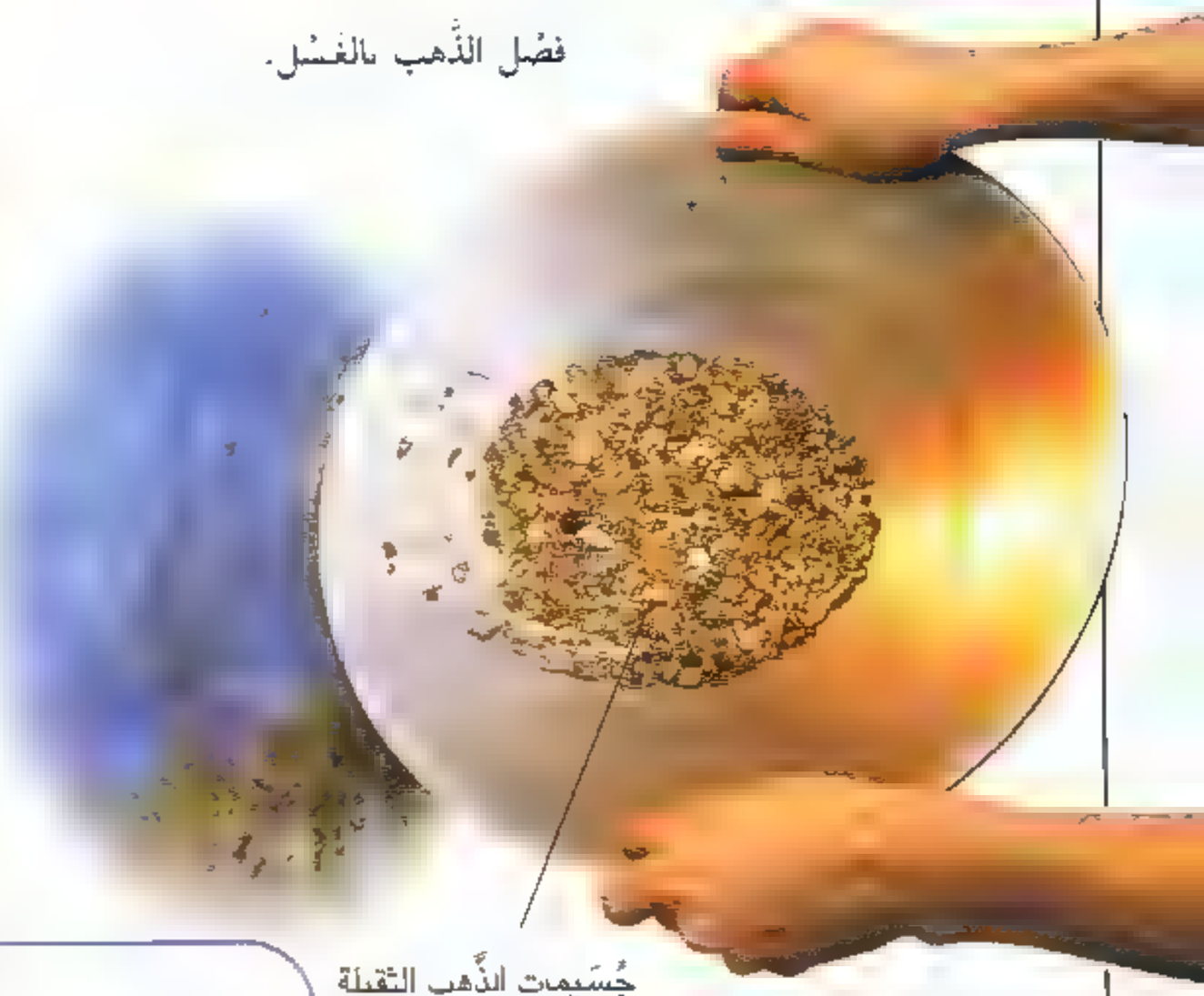
1 إرفَعْ مُجفِّفة شَعْر بحيث تُوجَّه إلى أعلى. ضعْ كُرة لبِنْغ بونْغ في وسط تيّار الهواء الصدر عنها.

2 سترى أنّ الكُرة تبقى عالِقة في الهواء. في وسط التيّار يجري الهواء أسرع (ويكون ضغطه أقلّ) من جَرَيانه في الأطراف حيث يكون ضغطه أعلى. الضغط الأعلى يُداوِم دفْع الكرة لمَنعِها من الهُبوط.

الخلائط والمحاليل

عندما تُضيفُ مِلْحًا إلى رَمْلٍ وتُحرِّكُهُما معًا، تَحصُلُ على خَليطٍ. إذا تَذوَّقتَ ذلك الخَليطَ تَجِدُهُ مِلْحيَّ المذاقِ وحُبَيبيًّا. خَواصُّ الخَليطِ، بصورةٍ عامّةٍ، تَجمَعُ بين خَواصِّ الموادِّ التي يَتشكَّلُ منها ذلك الخَليطُ. الخلائطُ هي غيرُ المُركَّباتِ. المُركَّباتُ هي مادّةٌ اتّحَدَت عَناصِرُها بعضُها مع بعضٍ كيماويًّا. الموادُّ في الخلائطِ ليست مُتّحِدةً كيماويًّا، لذا يَسهُلُ فَصْلُها. المَحاليلُ هي خلائطُ من نوعٍ خاصٍّ.

فصْل الذَّهب بالغَسْل.



جُسَيمات الذَّهب الثقيلة تبقى في الصينيّة.

خلائط عديدة

معظم الموادّ التي نلتقيها في حياتنا اليوميّة هي من الخلائط. الطعام هو خليط من موادّ مثل الكَربوهيدرات والدُّهون والبروتينات. معظم الصُّخور هي خلائط جامدة من المعادن. الزَّيت هو خليط مائع من العديد من المُركَّبات الهيدروكربونيّة. الهواء الذي نَتنفَّسُه هو خليط من غازات، مثل النّتروجين والأكسجين. يُمكِنُ عادةً فصْل الموادّ التي تَتشكَّل منها الخلائط بسبب الإختلاف في خواصّها. يُمكِنُ فصْل المِلْح عن الرَّمْل لأنّه يَنحَلُّ في الماء ولا يَنحَلُّ الرَّمْل. الذَّهب يمكِنُ فصْله عن الحصى لأنّه أثقل منه بكثير. يُسَخِّرُ المُنقِّبون عن الذهب هذه الخاصّة في عمليّة فصْل الذهب بغسْله في صينيّة.

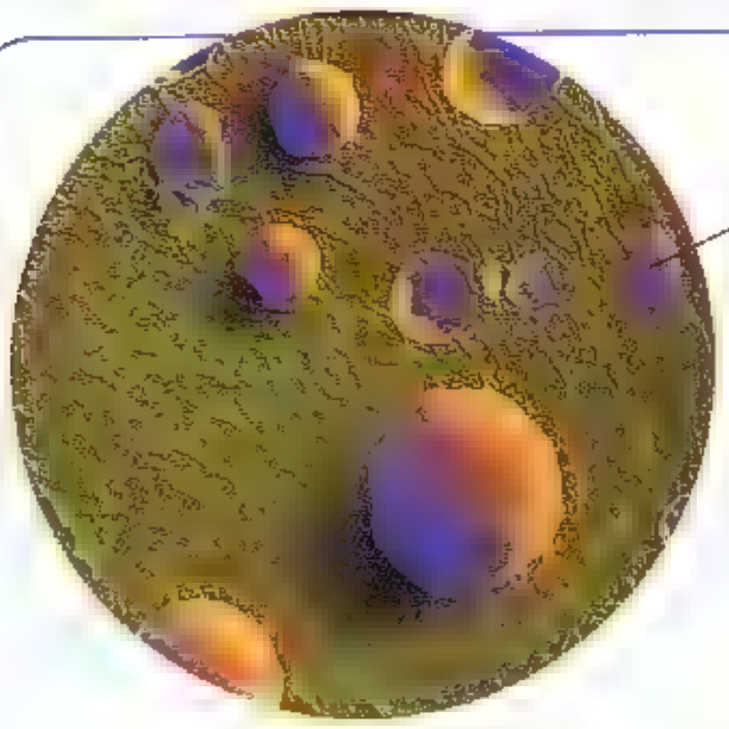
تعال نجرِّب

خلائط السوائل

من السوائل أنواع قابلة للاختلاط بعضها مع بعض، بينما أخرى لا تَختلِط. الكُحول والماء يَختلِطان. السوائل القابلة للاختلاط نُسمّيها خَلوطة، أو مَزوجة. الزَّيت والماء غير قابلَين للاختلاط — فهما غير خلوطين. لتجربة التالية تُري ذلك. **اللوازم:** زَيت طعام؛ ماء؛ دَوْرَق؛ مُلوِّن طعام؛ إبريق؛ قَطّارة.

1 صُبَّ الزيت فوق الماء في الدَّوْرَق، فيُشكِّلان طبقتَين مُنفصِلتين لأنّهما سائلان غير خَلوطَين. قطِّرْ في الزيت بأناة قطرة واحدة من ملوِّن طعام.

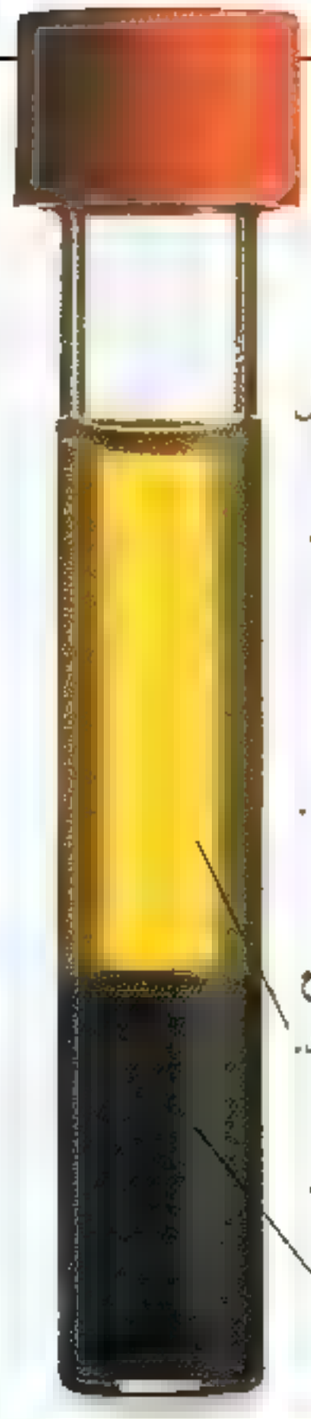
2 تبقى قطرة ملوِّن الطعام كما هي لأنّها غير خَلوطة مع الزَّيت. الآن، ادفَعِ القطرة نزولًا في الماء، فترى أنّها تُلوِّنه لأنّها خَلوطة مع الماء.



كُريّات الدُّهن مُعلَّقة في الحليب (اللبن)

مُعلَّقة

الدُّخان والضَّباب خليط من جُسَيمات مُعلَّقة في الهواء. جُسيمات المُلوِّنات المُعلَّقة في سائل تُصنَع منها معظم الدِّهانات. يحتوي الحليب (اللبن) على حُبَيبات دقيقة من الدُّهن معلّقة في سائل. جُسيمات الحليب ليست جامدة لذ تُسمّى الحليب مُستحْلَبًا.



دم الحياة

يبدو الدم محلولًا أحمر بسيطًا. في الواقع، إنّه محلول وحيط معًا. إذ وضعت دمًا في أنبوبة تفصل المُكوِّنات وذوَّمته بسرعه كبيرة، يفصل إلى جُزأين. الجُزء الصافي هو محلول يُسمّيه البلازما، أو مَصْل الدم. الجُزء الداكن يتألّف من خلايا دم دقيقة جامدة.

تحتوي البلازما على أملاح محلولة، ومُغذّيات، وغازات.

خلايا الدم الحمراء تَحمِل الأكسجين. خلايا الدم البيضاء تُقاوِمُ الجَرَثيم.

محاليل

عندما يجري ماء النهر فوق صُخور طَباشيريّة، يختلِطُ شيء من تلك الصخور بالماء ويختفي – يَحُلّ مشكِّلًا محلولًا طباشيريًّا. ما يحدُثُ هو أنّ جُزيئات الطباشير تختلطُ كُلّيًّا بجُزيئات الماء. يحدُثُ ذلك عندما تحُلّ مادّة (تُسمّيها مُذابة) في مادّة أخرى (تُسمّيها مُذيبة) لتشكيل محلول. في الكُهوف تتحرَّرُ المادّة الطباشيرية عن المحلول مُشكِّلة ذَوَبات تتدلّى من السَّقْف وتُسمّيها هَوابط وترتفِعُ من الأرض وتُسمّيها صَواعِد. ما يحدُث هو أنّ المياه الغنيّة بالمعادن تَتقطَّر في الكُهوف فيَتبخَّر الماء مُخلِّفًا تَرسُّبات طباشيريّة تتراكَمُ على شكل ذَوَبات

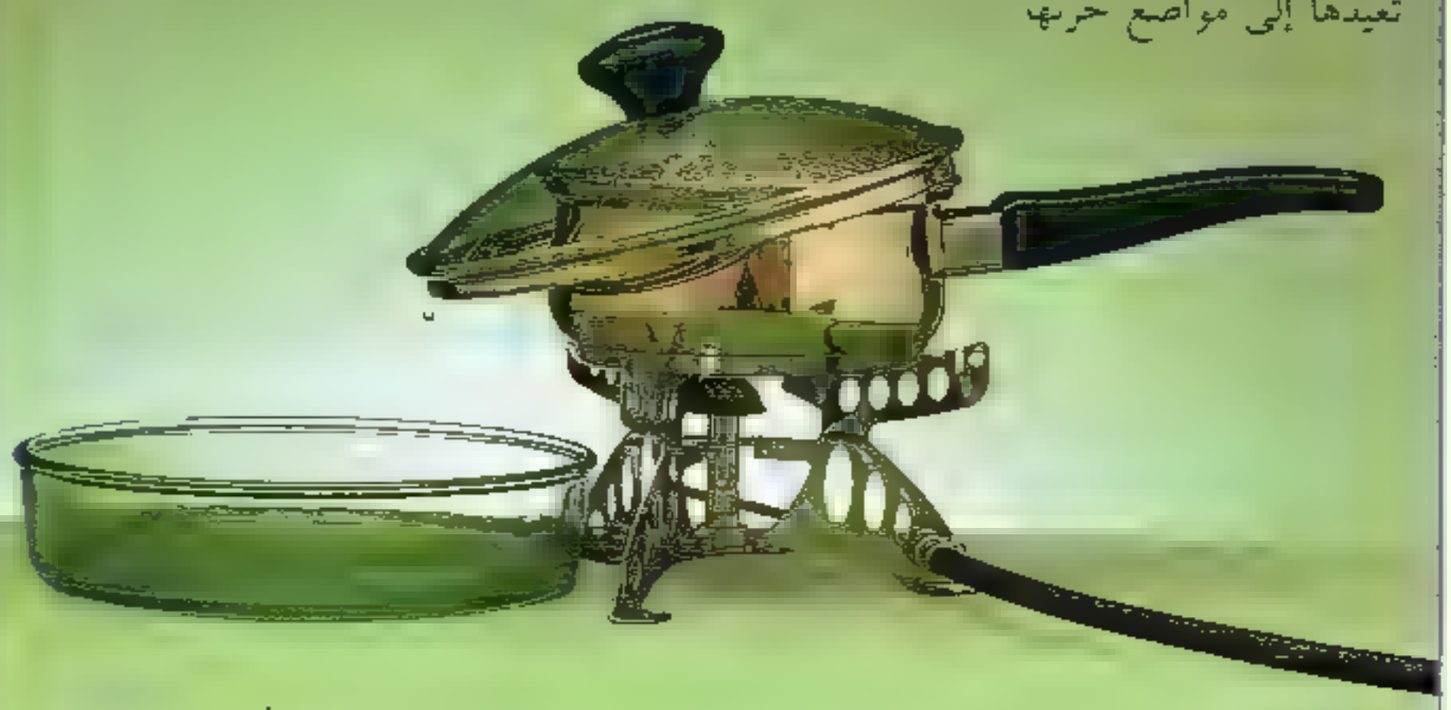
أكسجين محلول

حياة الكائنات البحريّة مُمكِنة تحت الماء لأنّ أكسجين الهواء يحَلُّ في الماء. لأسماك وكائنات مائيّة أخرى تَستحيصُ لأكسجين بواسطة غَلاصِمها. هذه السَّمكة تَختلِفُ عن غيرها لأنّ غَلاصِمها (بلون الأحمر) خارج جسمها.

تعال نـجرِّب

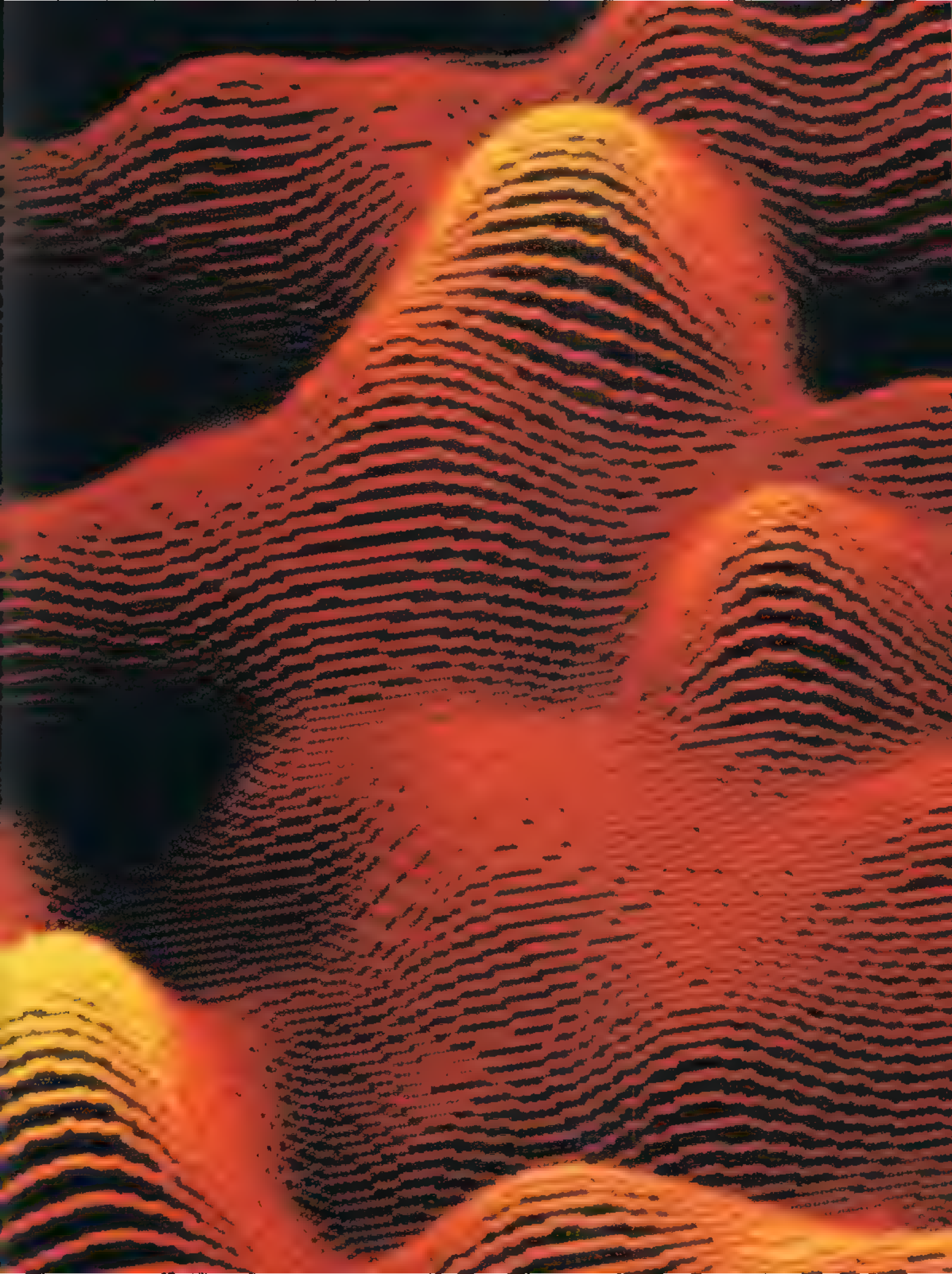
ماء مقطَّر

إذا وَجَدتَ نفسك في جزيرة معزولة ليس فيها ماء عذب تَشربه، كيف تحصُلُ على ماء الشُّرب؟ ليس بإمكانك أن تَشرَب ماء البحر لأنّه شديد المُلوحة. ما عليك أن تَفعَلَه هو أن تُزيلَ المِلْح من الماء، أي أن تُقطِّره. تُريك هذه التجربة عمليّة التقصير. **اللوازم:** راشد مُشرِف؛ ماء؛ مِلح؛ قِدْر صغيرة؛ غطاء بدون ثقب؛ طبق؛ مصدر حراريّ. إحرِص على أن تَترُكَ المُعدّات كلّها تَبرُدُ قبل أن تُعيدَها إلى مواضع حَرْبها



1 أَعِدَّ محلولًا مِلْحيًّا بأن تَحُلَّ مِلعقة مِلْح كبيرة في مِقدار كوبَين من الماء. صُبَّ المحلول في القِدْر وغطِّها بالغطاء الكسر. أَمِلِ الغطاء كما ترى في الصورة، وضعْ طبقًا تحت حافّته المائلة إلى أسفل. إسأل راشدًا أن يُساعِدَك في تسخين القِدْر على النار.

2 بعد يَسخُنُ ماء القِدْر، يبدأُ بالتبخُّر. وعندما يلتقي بُخار الماء بالغطاء البارد نوعًا، يتكثَّف، وبعود فيَتحوَّل إلى ماء سائل ويتقطَّر في الطبق. ذُقْ هذا الماء فلا تَجده مالِحًا. فالمِلْح يترسَّب في القِدْر.

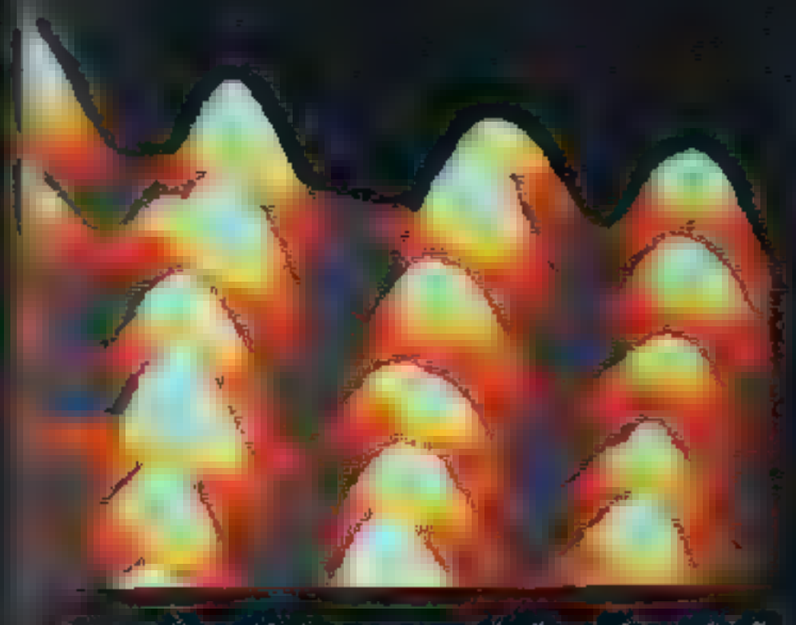


الذَّرّات والعَناصِر

الصورة: د ن أ (DNA) ثُنائيّ الجَدْل،
المُلَوَّنة بميكروسكوب ماسِح

المادّة وأجزاؤها

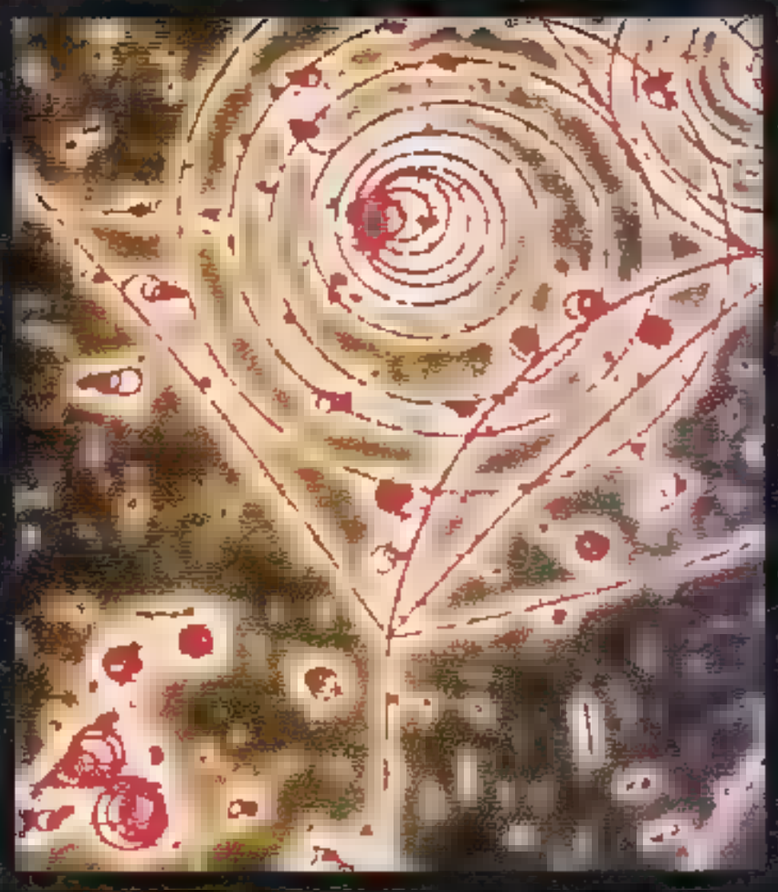
كلُّ ما نشاهِده من حولِنا في الكونِ، مثلُ الخشبِ والصَّخرِ والهواءِ، يتشكَّلُ من مادّةٍ. من الموادّ ملايينُ الأنواعِ، لكنّها كلَّها تتشكَّلُ من نحوِ 90 مادّةً أساسيّةً، نُسمّيها العناصر الكيماويّة. الذهبُ، على سبيلِ المثالِ، عنصرٌ لأنّنا لا نستطيعُ تجزئتَه إلى موادَّ أبسط. تتشكَّلُ العناصرُ الكيماويّةُ بدورِها من جُسيماتٍ نُسمّيها ذرّاتٍ. الذرّاتُ كلُّها في كلٍّ من العناصرِ متماثِلةٌ، ولكلٍّ من العناصرِ المختلفةِ نوعٌ مختلفٌ من الذرّاتِ. هذه الأفكارُ تشكِّلُ أُسسَ النظريةِ الذريّةِ للمادّةِ.



الميكروسكوب الماسح يرى الذرّات والبنى التي تشكّلها. هذه الصورة التي التُقطت بتلسكوب من هذا النوع ترى البنية الطبقيّة لحمض دهني. الأحماض الدُّهنيّة من المكوّنات الضروريّة للدُّهون.

الذرّات والجزيئات

الذرّات في معظم الموادّ لا توجد مستقلّة. بل تكون متّصلة بذرّات أخرى لتشكّل ما نسمّيه جزيئات. تتشكّلُ الجزيئات، في عناصر بعينها، من توليفات من النوع نفسه من الذرّات. وتتشكّل في موادّ أخرى من توليفات من أنواع مختلفة من الذرّات. على سبيل المثال، تتألّف جزيئات الماء من ذرّات من عنصري الهدروجين والأكسجين.



الجُسيمات المشحونة كهربائيًا والتي تنتج عن بعض الاختبارات النوويّة يمكن ملاحظتها في غرفة فقاقيع، فالجُسيمات تترك وراءها أثرًا من فقاقيع الهدروجين إذ تنتقل عبر الغرفة.

مواد مشعّة

لا تحتاج ذرّات بعض العناصر إلى أن تتحطّم لتنفصل. فهي غير مستقرّة وتتفكّك طبيعيًا. وإذ يحدثُ ذلك تُطلِق دفقات من الإشعاع. تسمّى هذه العناصر إشعاعيّة. من حسن الحظّ ليس في العالم العديد من هذه العناصر. ذلك شيء حسن لأنّ الإشعاعات التي تُطلِقها قد تكون ضارّة. فقد تُتلِف خلايا الجسم وتقتلها وتغيّر الجينات، أو المورّثات، متسبّبة بأضرار في الأجيال التالية. من أنواع الإشعاعات الثلاثة ألفا، بيتا، غاما. أعلاها طاقة هي أشعّة غاما. بإمكان أشعّة غاما أن تخترق معظم المواد.

الانشطار النووي

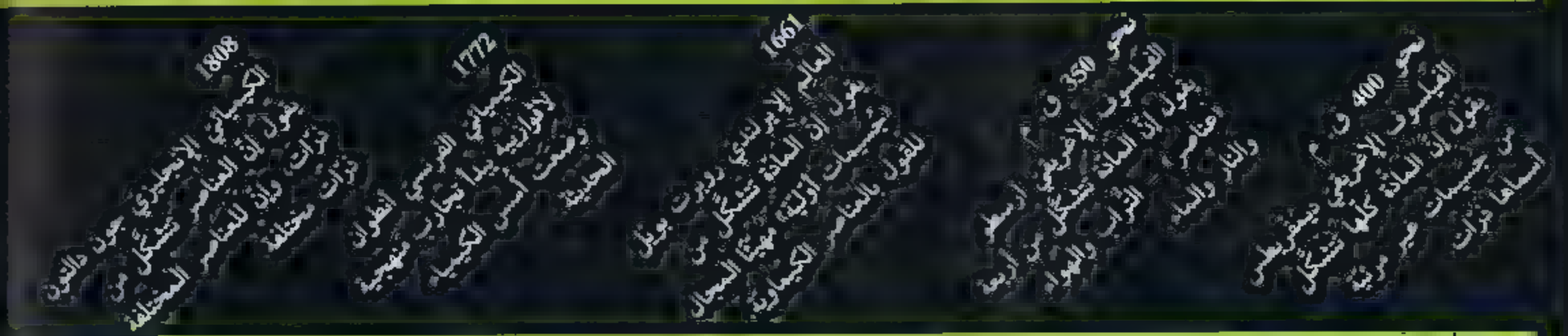
أشهر العناصر المُشعّة هو اليورانيوم. فذرّاته ليست تتفكّك طبيعيًا فحسب، بل يمكن أن تُفكّك، أو تشطر، اصطناعيًا. حيث إنّ نواة الذرّة هي التي تنشطر، فإننا نسمي هذه العمليّة انشطارًا نوويًا. انشطار ذرة اليورانيوم يطلق كمية كبيرة من الطاقة ويمكن لانشطار الذرّة أن يتسبب، إذا توفّرت الشروط

موصولة معًا. خواصّ الجزيئات هي التي تحدد طبيعة المادّة. العِلم الذي يتناول خواصّ العناصر المختلفة كلها وخواصّ غيرها من الموادّ نسمّيه علم الكيمياء. الكيميائيون يدرسون التغيّرات التي تحدث عندما تتفاعلُ الموادّ بعضها مع بعض. باستخدام التفاعلات الكيماوية يكون العلماء قادرين على تغيير الموادّ وصُنع موادّ جديدة.

تحطيم الذرّات

كان العلماء يظنّون أنّ الذرّات هي أصغر أجزاء المادة، لكنهم كانوا على خطأ. فالذرّات تتشكّل من جسيمات دقيقة تعرف بالجُسيمات دون الذرّية (الأصغر من الذرّة). معظم هذه الجُسيمات يحمل شحنة كهربائيّة. كان الإلكترون أوّل جسيم يكتشف منها، ثمّ اكتُشِف بعده البروتون والنيوترون. هذه الجُسيمات الثلاثة هي الأهم من بينها كلّها. البروتونات والنيوترونات تكون في مركز الذرّة الجامد (النواة). أمّا الإلكترونات، وهي أصغر بكثير، فتحيط بالنواة. اكتُشِف ما يزيد على 200 نوع آخر من أنواع الجُسيمات عبر تجارب قذف في أثنائها العلماء الذرّات بأشعّة متسارعة الجُسيمات. تسمى المكنات التي استخدمها العلماء في هذه التجارب مسرعة الجُسيمات أو، وهو الاسم الأشيع، محطّمة الذرّات.

جدول زمني



الملائمة، بانشطار ذرات أخرى في ما يعرف بتفاعل متسلسل. عندما يحدث ذلك، تنطلق كميات هائلة من الطاقة. وإذا ما خرج التفاعل المتسلسل عن السيطرة، تكون النتيجة انفجارًا مروعًا. وهذا ما يحدث في القنبلة الذرية. لكن عندما يكون التفاعل المتسلسل تحت السيطرة، يمكن أن يشكل مصدرًا منتظمًا للطاقة. هذه الطاقة المتحكم بها نحصل عليها من محطات

بذلك عكس الانشطار النووي. يمكن القول إن الإندماج النووي يزود الكون بالطاقة، لأنه العملية التي تستخدمها النجوم، وفي جملتها شمسنا، في إنتاج الطاقة. يحاول العلماء في أنحاء عدة من العالم أن يسخروا الطاقة الإندماجية بجعل ذرات من الهدروجين تتحد بدرجات أقل حرارة من تلك التي تستخدمها النجوم. إذا نجحوا في نهاية المطاف، سيكون في متناول العالم نوع نظيف آخر من الطاقة.

يولّد علماء الذرّة حشودًا من الجسيمات دون الذرية بصدم جزء الجسيمات، كالبروتونات، بعضها ببعض بسرعة عالية. وهم يستخدمون في ذلك مكنات تسمّيها مكنات صانعة.

طاقة مستدامة؟

أحد الأسباب التي تحدّ من انتشار محطات الطاقة النووية هو أنه ينتج عنها فضلات إشعاعية خطرة. من الأسباب أيضًا الخوف من خطر تسرّب

الإشعاعات بفعل حادث. على أنه يوجد نوع آخر من التفاعل النووي، يدعى اندماجًا، وهذا أيضًا يطلق كميات هائلة من الطاقة، لكن من غير إشعاع. في الاندماج النووي، تندمج الذرات، وهو

سحابة فطرية إشعاعية من الغبار والغاز ترتفع فوق جزيرة بيكيني في المحيط الباسيفيكي تصاعدت إثر تجربة قنبلة نووية في العام 1946. الإنشطار النووي هو الذي أطلق الطاقة التي تسببت بالإنفجار المدمّر

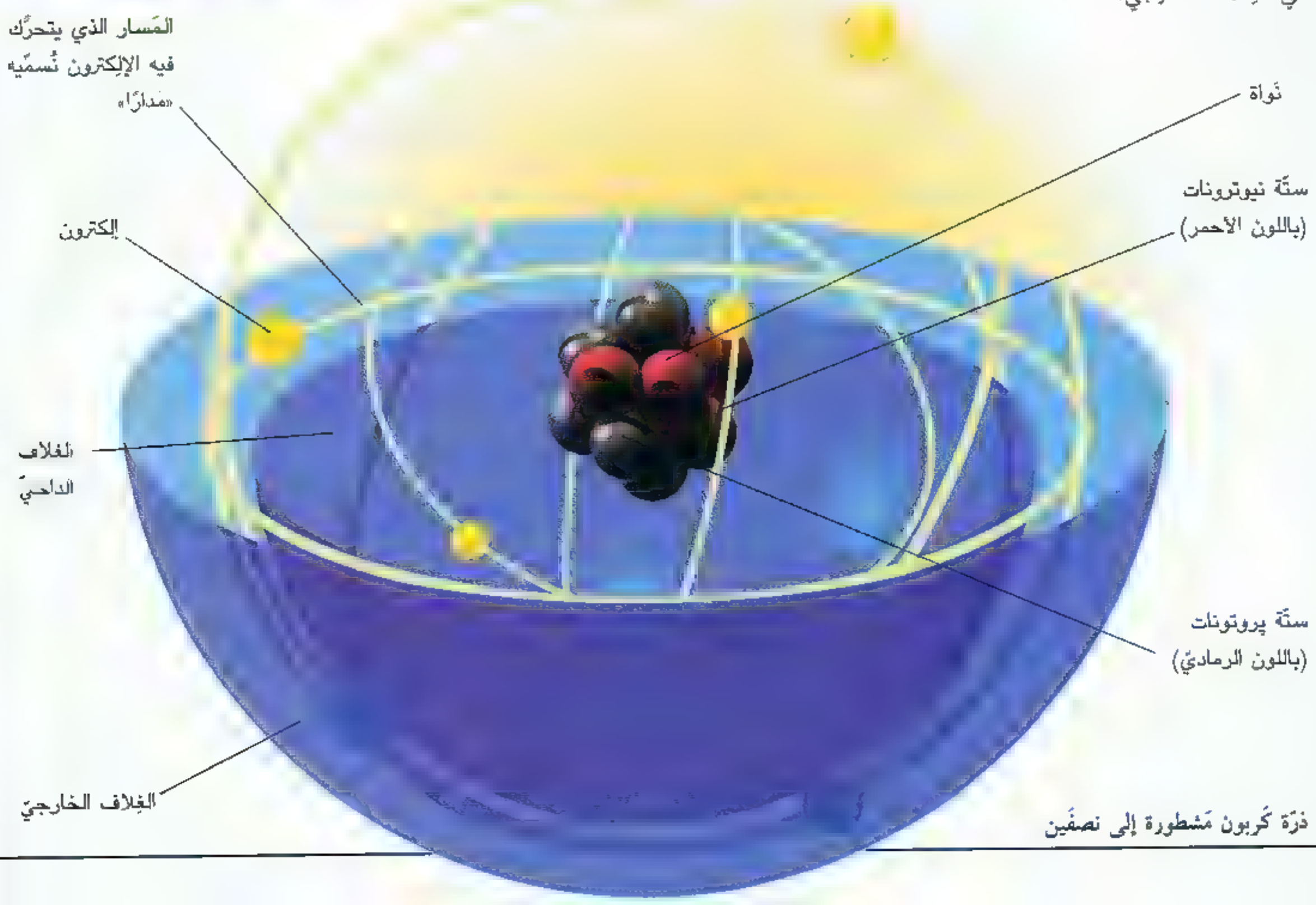
الطاقة النووية حيث يتمّ انشطار الذرات في مفاعل نووي. تستخلص الحرارة بتمرير مائع عبر المفاعل، ثم يستخدم المائع المحمى في غلي ماء وتحويله إلى بخار. ثم يوجّه البخار في أنابيب لإدارة توربينات المولدات الكهربائية، كما في محطات الطاقة الأخرى

داخل الذرّة

الذرّاتُ هي الجُسَيماتُ الدقيقةُ التي تتشكَّلُ منها المادّةُ كلُّها. لكن ما مدى صِغَرِ تلك الذرّاتِ؟ إنّها أصغرُ ممّا يُمكِنُ أن تتخيَّلَ – يَلزَمُنا الملايين منها تُصفُّ الواحدةُ إلى جانبِ الأخرى لتَصِلَ إلى طولِ سنتيمترٍ واحدٍ. لكلِّ ذرّةٍ قلْبٌ مركزيٌّ نُسمّيهِ نَواةً، تدورُ حوله إلكتروناتٌ دقيقةٌ بسرعةٍ فائقةٍ. تشغَلُ النَّواةُ حَيّزًا بسيطًا إذ إنّها تُشكِّلُ نحوَ جُزءٍ واحدٍ من عشرةِ آلافٍ من حجمِ الذرّةِ. لو افْتَرَضنا أنّ النَّواةَ في حجمِ كُرةِ الغولْفِ، لكان قُطْرُ الذرّةِ أكبرَ من ارتفاعِ ناطحةِ سحابِ الإمْبَيَر سْتيت في نيويورك، الولاياتِ المتّحدةِ الأميركيّةِ. معظمُ الذرّةِ هو في الواقعِ حَيّزٌ فارغٌ!

بِنية الذرّة

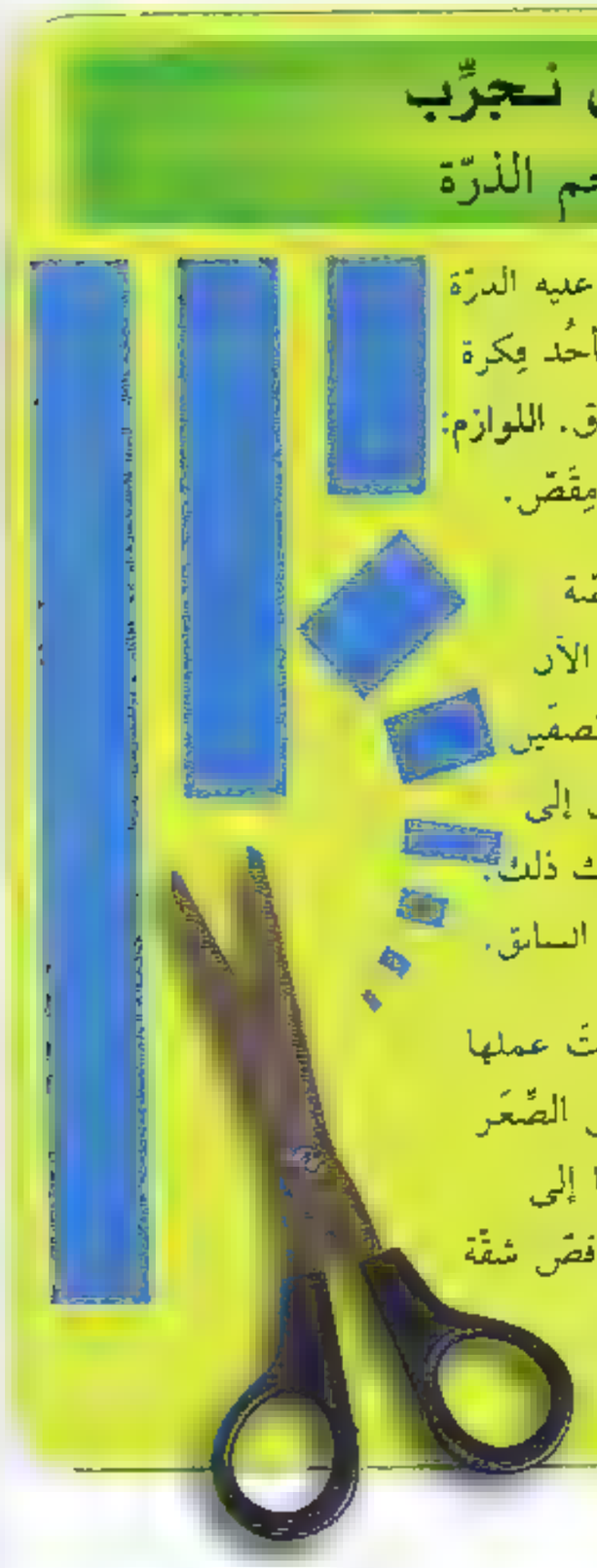
معظم كُتلة الذرّة يتركَّز في النَّواة. تحتوي الذرّة على نوعَي الجُسَيمات الدويّة الأثقل وزنًا – البروتونات والنيوترونات. أمّا الإلكترونات، وهي أخفّ وزنًا بكثير من البروتونات والنيوترونات، فتَدورُ حول النَّواة في مجموعات تَدورُ في طبقات، أو أَغلِفة، مختلفة. في الذرّة عدد مُتساوٍ من الإلكترونات والبروتونات. لذرّة الكَربون، على سبيل المثال، ستّة بروتونات في نَواتها وستّة إلكترونات تَدورُ حول النَّواة. يدورُ إلكترونان في الغِلاف الداخليّ، وأربعة في الغِلاف الخارجيّ.



ذرّة كَربون مَشطورة إلى نصفَين

تَعال نـجرِّب

حجم الذرّة



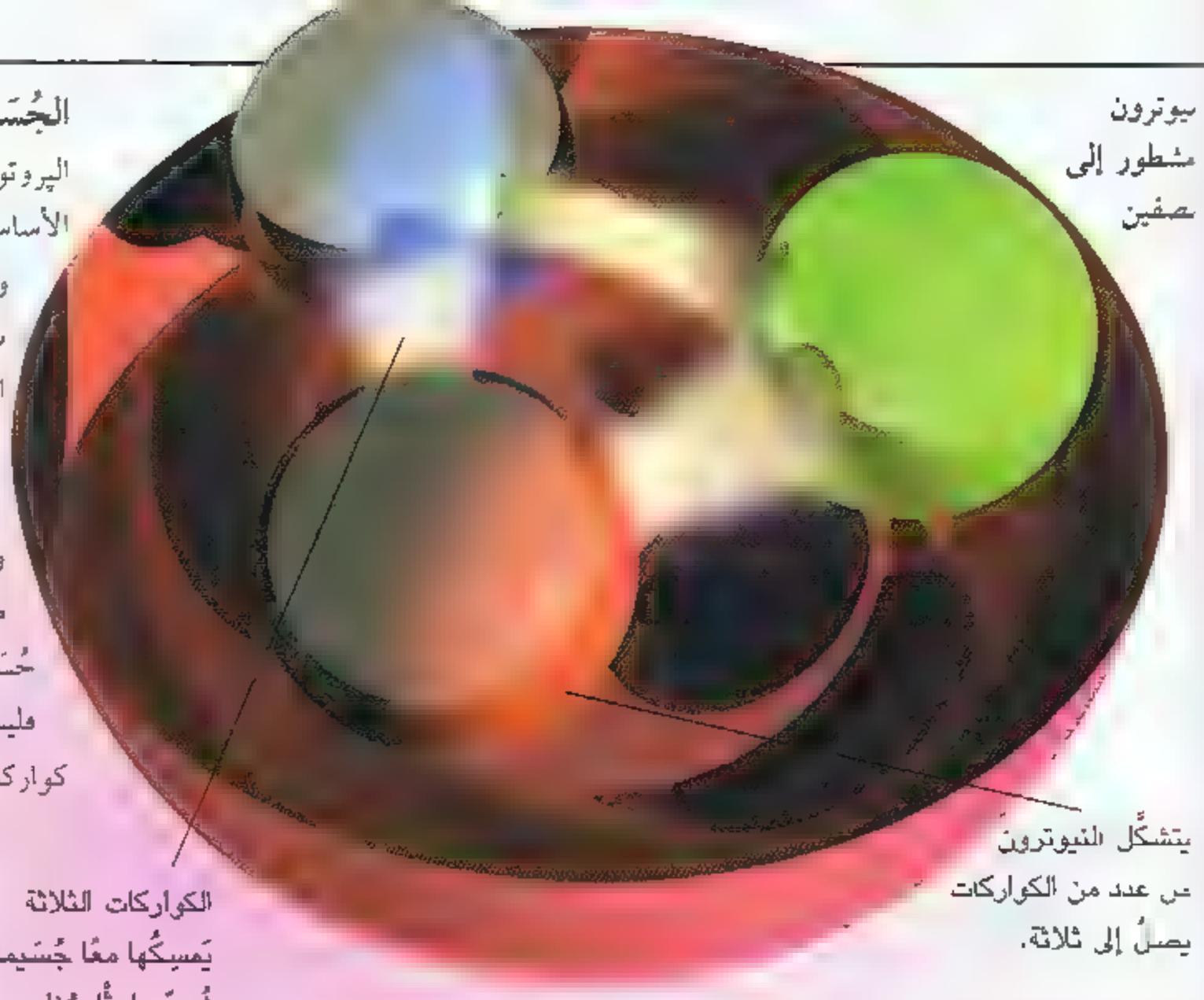
يصعُب كثيرًا أن تتخيَّل ما هي عليه الذرّة من صِغَر حجْم. بإمكانك أن تأخُذ فِكرة عن صِغَرها بقَطْع شقّة من الورق. اللوازم: شَقّة من الورق بطول 28 سم، مِقَصّ.

1 قُصَّ الشقّة إلى نصفَين (القَصّة الأولى). ارْمِ أحد النصفَين. الآن قصّ النصف الثاني بدَوره إلى نصفَين (القَصّة الثانية). تابِعْ قصّ الشُّقَق إلى نصفَين، ورمْي أحدهما، ما أمكَنَك ذلك. إحتَفِظ بالقصّ دائمًا موازيًا للقصّ السابق.

2 ما عدد القصّات التي استطعتَ عملها قبل أن تُصبِحَ شقّة الورق من الصِّغَر بحيث لا تستطيعُ أن تُتابِع قصّها إلى نصفَين؟ إذا كُنتَ تريدُ أن تُتابِعَ قصّ شقّة الورق إلى أن تُصبِحَ بحجم ذرّة فعليك أن تَقُصَّها 30 مرّة!

الجُسَيمات الأساسيّة

البروتونات والنيوترونات والإلِكترونات هي الجُسَيمات الأساسيّة التي عَثَرَ العُلماء عليها داخل الذرّات. البروتونات والنيوترونات أكبر بكثير - وهي أثقل من الإلِكترونات بـ 1800 مرّة. للبروتونات شِحنة كهربائيّة موجبة دقيقة. النّيوترونات ليس لها شِحنة كهربائيّة، فهي مُتعادِلة. أمّا الإلكترونات فلها شِحنة كهربائيّة سالِبة ضئيلة. ويَمسِكُ أجزاء الذرّة معًا التجاذُب بين الشّحنات الموجبة والسالِبة. والذرّات مُتعادِلة كهربائيًّا لأنّ لها العدد نفسه من البروتونات والإلِكترونات. الإلِكترونات هي جُسَيمات ذرّيّة أساسيّة حقيقيّة. أمّا البروتونات والنيوترونات فليست كذلك، فهذه تتشكّلُ من ثلاثة جُسَيمات نُسمّيها كواركات، والتي هي جُسَيمات أساسيّة حقيقيّة.



نيوترون
مشطور إلى
صفين

يتشكّل النيوترون
من عدد من الكواركات
يصلُ إلى ثلاثة.

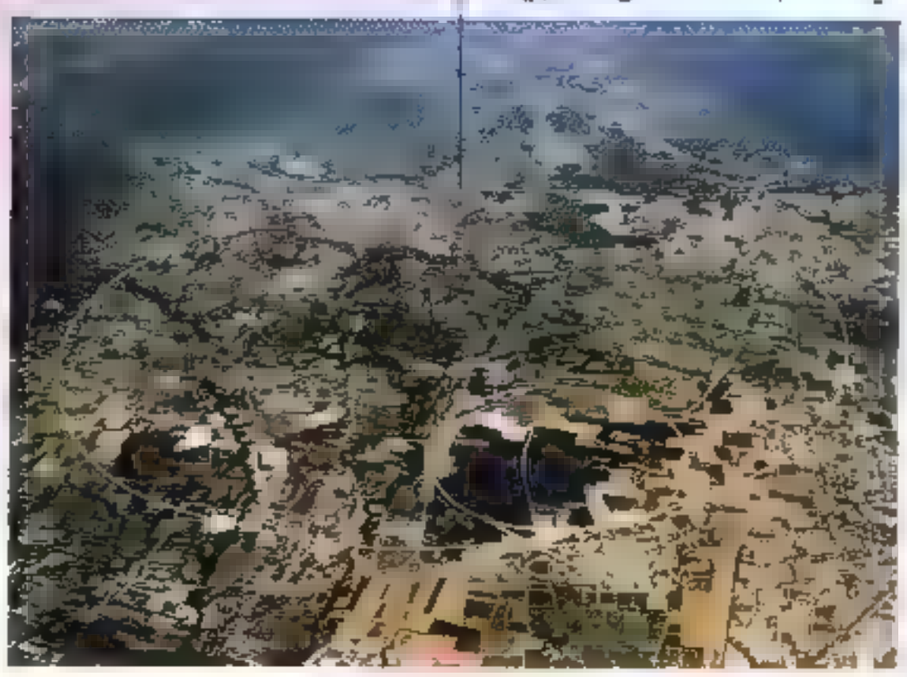
الكواركات الثلاثة
يَمسِكُها معًا جُسَيمات
نُسمّيها غُلوونات.

إرنست رَذَرفورْد
1937-1871

وُلِد في نيوزيلندا وحقّق اكتشافات أساسيّة في العلوم الذرّيّة. في العام 1902، فَسَّر طبيعة النشاط الإشعاعيّ في نظريّته حول التحوُّل النوويّ، والتي مُنِح عليها في العام 1908 جائزة نوبل في الكيمياء. بعد ثلاث سنوات من ذلك التاريخ، جاءَ بنظريّته المبتكَرة حول الذرّة والتي اعتبَرَ فيها الذرّة نوعًا من النظام الشمسيّ، يَتوسَّط مركزَه نَواة ثقيلة تَدورُ حولها إلِكترونات. في العام 1919، قامَ رَذَرْفورْد بتحويل عنصر هو النّتروجين إلى عنصر آخر هو الأُكسجين، وكان ذلك أوّل تحوُّل ذرّيّ اصطناعيّ. وقد وَجَدَ رَذَرْفورْد أنّه في ذلك التحوُّل، وفي تجارب أخرى لاحِقة، كانت تنطلِق دائمًا ذرّات هِدروجين موجبة الشّحنة. لذا استنتَجَ أنّها لا بُدَّ أن تكون شائعة في نَوى الذرّات كلّها. وقد دَعا رَذَرْفورْد تلك الجُسَيمات بروتونات.

فيزياء الجُسَيمات

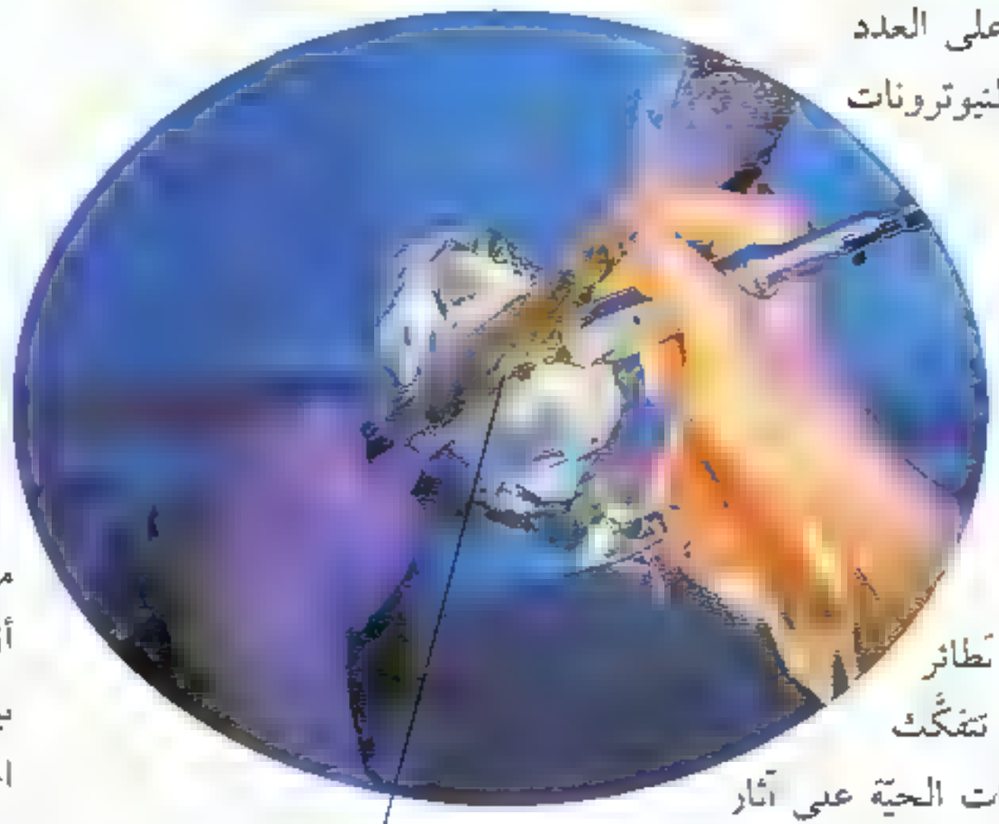
يقسم عُلماء الفيزياء الجُسَيمات دون الذرّيّة، والتي يبلُغُ عددها نحو 200 جُسَيم، إلى عدد من الفئات، هي الكواركات والباريونات والميزونات واللِّبتونات. البروتونات والنيوترونات هما من فئة الباريونات. والإلِكترونات هي من فئة اللِّبتونات أمّا الميزونات فتُوجَد في الأشعّة الكونيّة. تُستخدَم في إنتاج هذه الجُسَيمات ودراستها مَكِنات نُسمّيها مُسرِّعة. أكبر هذه المَكِنات نَجِدُها في نَفَق دائريّ قُرب مدينة جنيف، في سويسرا، يبلُغُ قُطره 27 كم.



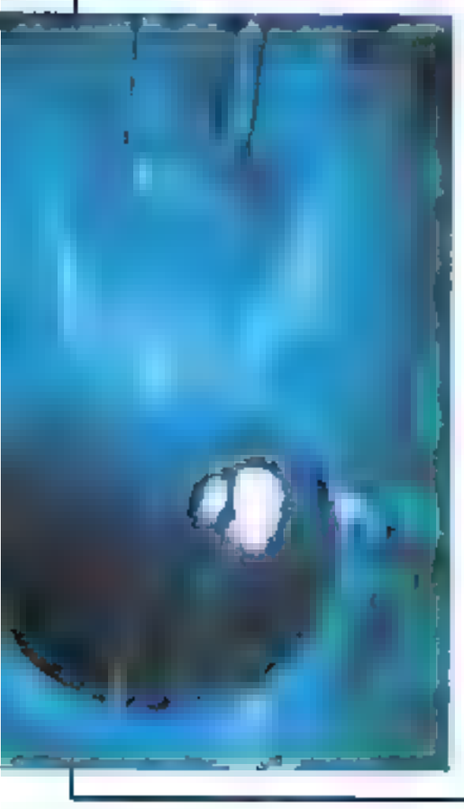
الأنفاق التي تحتوي على أكبر مسرِّعات في العالَم مُعلَّمة على الخريطة.

النَّظائر

لذرّات كلّها في العنصر تحتوي على العدد نفسه من البروتونات، لكنّ عدد النيوترونات قد يَختلِف. الحديد، على سبيل المثال، يتشكّلُ من أربعة أنواع من الذرّات، أو النَّظائر، لكلّ نوع منها عدد مختلف من النيوترونات. في الطبيعة نجد 32 نَظيرًا مختلفًا. معظم هذه النظائر ثابتة لا تتغيّرُ أبدًا. لكنّ بعضها غير مُستقِرّ. وهذه نُسمّيها نَظائر مشعّة لأنّها تُطلِقُ إشعاعات وهي تتفكّك إلى عناصر أخرى. تَحتوي الكائنات الحيّة على آثار من نظائر مُشِعّة للكَربون، نُسمّيها الكَربون-14 (معظم الكَربون في العالَم هو الكَربون - 12). بإمكان عُلماء الآثار والعاديات أن يُحدِّدوا تاريخ الأحياء العُضويّة المَنشأ بتقدير مُحتواها من الكربون-14 المُشِعّ.



تُؤخَذ عيّنات من عظم قديم لتقدير مُحتواها من الكَربون المُشِعّ.



فضلات مُميتة

تُطلِق النَّظائر المُشِعّة ثلاثة أنواع من الإشعاعات الخَطِرة. أشعّة ألفا أقلّها اختراقًا ويسهُل صَدّها. أشعّة بيتا أشدّ اختراقًا، وأشعّة غاما الأشدّ اختراقًا. مُحلَّفات الوَقود في المُفاعل النوويّ شديدة الإشعاعيّة وتُحرَق في بِرك ماء عميقة. الإشعاعات تجعَل جُسَيمات الماء تتوهَّج بلون أزرق.

العناصر والمُرَكَّبات

العناصر الكيماويّة هي حجارة البناء التي تتشكّل منها المواد كلّها. وجدنا في الطبيعة حتّى الآن نحو 90 عنصرًا. لكننا لم نجد إلا عددًا قليلًا منها مستقلًا عن غيره، ومنها الغرافيت، وهو شكل من الكربون نجده في رصاص الأقلام، والذهب الخالص. معظم العناصر نجدها متّحدة مع عناصر أخرى على شكل مركّبات – فالماء، على سبيل المثال، مركّب من الهدروجين والأكسجين. العناصر في المركّبات ليست مخلوطة بعضها ببعض فحسب، بل هي متّحدة ولا تنفصل ببساطة.

جون دالتون
(1844-1766)

نظريّة دالتون الذرّيّة

نحو العام 400 ق. م رأى العالم الإغريقيّ ديمُقْريطس أنّ المادّة تتشكّل من جُسيمات دقيقة أسماها ذرّات، على أنّ فكرته هذه لم تحظ من مُتبعيها. ولم يَقُمْ أحد بإحياء نظريّة المادّة هذه إلّا في العام 1808 عندما وضع الكيميائيّ الإنجليزيّ جون دالتون نظريّته الذرّيّة بعد سنوات من التجارب. قال دالتون إنّ العناصر كلّها تتشكّل من ذرّات لا يُمكن تدميرها أو شطرها. للذرّات كلّها في العنصر الواحد مُتشابهة، والعناصر مختلفة لأنّ ذرّاتها مختلفة.

مولد العناصر

العناصر كلّها في العالم مصدرها النجوم. عميقًا في باطن النجوم تتشكّل عناصر بفعل تفاعلات نووية اندماجية. نقطة الانطلاق في بناء تلك العناصر هو الهدروجين، وهو أبسط العناصر في الكون وأكثرها شيوعًا. يتحوّل الهدروجين أوّلًا إلى هليوم، ثمّ يتحوّل الهليوم إلى كربون، وهكذا. وعلى مدى الزمن، تتكوّن عناصر عديدة. عندما يموت النجم، قد ينفجر وتتبعثر العناصر في الفضاء، وتتشكّل بفعل الانفجار عناصر جديدة.

في العام 1987، انفجر نجم وتحوّل إلى ما يُعرف باسم مُتجدِّد أعظم.

يحمل سابر الفضاء غاليليو بَطّاريات يدخل فيها عنصر البلوتونيوم.

عناصر اصطناعيّة

لعنصر اليورانيوم، من بين العناصر التي نجدها في الطبيعة، أكبر الذرّات حجمًا، وتحتوي الذرّة منه على 92 بروتونًا. في العام 1940، قام فريق من العلماء الأميركيّين بقيادة غلين سيبورغ بقذف اليورانيوم بالديوتيرون (نوى نظير هدروجين ثقيل) وأنتجوا عنصرًا جديدًا يحتوي على 94 بروتونًا. ذلك العنصر، وأسموه البلوتونيوم، كان أوّل عنصر يتشكّل اصطناعيًّا. منذ ذلك الحين أُنتجت عناصر عديدة اصطناعيًّا يزيد عدد البروتونات في نواها على 109. هذه العناصر الاصطناعيّة تُعرف باسم عناصر ما بعد اليورانيوم، وهي كلّها، مثل اليورانيوم، مشعّة.

مُتّحِد ومختلف

يتشكّل غاز الأكسجين العاديّ من جزيئات تحتوي ذرّتَي أكسجين. لكن في أعالي الجوّ طبقة من الأكسجين يحتوي كلّ جزيء منها على ثلاث ذرّات من الأكسجين. تدعو هذا الشكل من أشكال الأكسجين أوزونًا وهو والأكسجين العاديّ مختلفان الشكل لكنّهما متماثلا التركيب الكيماويّ، أي أنّهما العنصر نفسه، لكن ببناء مختلف.

صورة لطبقة الأوزون التي تزداد رقّة

الترابُط

تجد معظم العناصر مع عناصر أخرى مشكلة مركّبات. في المركّب، تشكل ذرات عنصر ترابطًا مع ذرات عناصر أخرى تشكل الذرّات الترابط بطرق مختلفة، مستخدمة الإلكترونات في غلافها الخارجي. هذه الإلكترونات يمكن نقلها أو التشارك بها.

ترابُط أيوني

عندما يتحد الصوديوم بالكلور لتشكيل كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)، ينتقل إلكترون من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور. تصبح الذرّتان أيونين مشحونين كهربائيًا، والترابط بينهما نسميه ترابُطًا أيونيًا.

ينتقل إلكترون من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور

تكسب ذرة الكلور إلكترونًا وتصبح أيونًا سالب الشحنة

تفقد ذرة الصوديوم إلكترونًا وتصبح أيونًا موجب الشحنة

ذرة صوديوم

ذرة كلور

أيون كلور

أيون صوديوم

ترابُط إسهامي

قد لا تفقد ذرّات العديد من العناصر أو تكسب إلكترونات. لذا فهي تتشارك في الإلكترونات مشكلة ما يعرف بترابُط إسهامي. وهي تتشارك في أزواج من الإلكترونات، كل منها يوفر إلكترونا لكل زوج. في مركب الأمونيا، أو غاز النشادر، تُشرك ذرة النتروجين ثلاث ذرات هيدروجين بإلكتروناتها وتشترك مع تلك الذرات بإلكترونات من عندها.

في الغلاف الخارجي للنتروجين خمس إلكترونات وهو يترابط مع ثلاث ذرات هيدروجين لتشكيل رابطة مستقرة وطيدة.

ذرة هيدروجين

تتشارك ذرّتان بالإلكترونات

بنًى جُزيئيّة

أصغر وَحدة في الترابُط الإسهامي يُمكن وجودها مُستقلّة هي الجُزيء. لمُركّبات لأيونيّة لا تُشكّل جُزيئات مُنفرِدة. فهي ليست إلّا مجموعات من أيونات موحّدة وسالِبة. قد يصنّع الكيميائيّون نماذج للجُزيئات، مُستخدِمين كُرات ترمُز إلى الذرّات وعيدانًا ترمُز إلى الترابُط. وهم يَستخدِمون مُعادَلة كيماويّة لوَصف تركيب الجُزيء أو المركّب ويُمثّلون للذرّات برُموز تدُلّ عليها.

ثاني أُكسيد الكَربون (CO_2)

في هذا الجُزيء تشارَك ذرّة الكَربون مع كلّ ذرّة أُكسجين بزوج من الإلكترونات.

أُكسجين

كَربون

إيثان (C_2H_6)

في هذا الجُزيء، كلّ ذرّة كَربون تَشترِك مع كلّ من ذرّات الهِدروجين الثلاث بزَوج من الإلكترونات وتَشترِك مع ذرّة الكَربون الأخرى بزوج من إلكترونات أيضًا.

هِدروجين

كَربون

كلور (Cl_2)

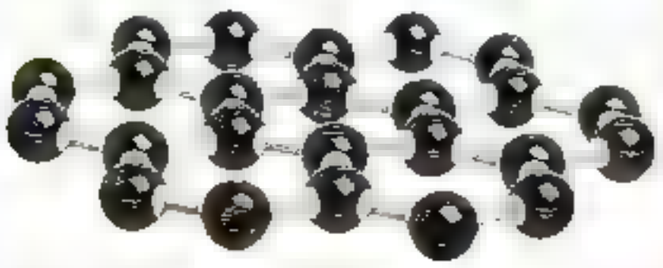
يتشكّل هذا الجُزيء من ذرّتَي كلور، تشترِكان في زوج من الإلكترونات.

كلوريد البوتاسيوم (KCl)

مُركّب أيونيّ، يتشكّل من أيونات بوتاسيوم وكلور في بِنية شبكيّة

أشكال عديدة

يوجَد الكَربون في الطبيعة بشكلَين مختلفَين تمامًا، هما الغرافيت والماس. الغرافيت طريّ جدًّا، بينما الماس هو أصلَب مادّة في العالَم. وهما مختلفان لأنّ لهما بِنيتَين مختلفتَين جدًّا. هذا النوع من المواد يُسمّيه مُتعدِّد الشكل.

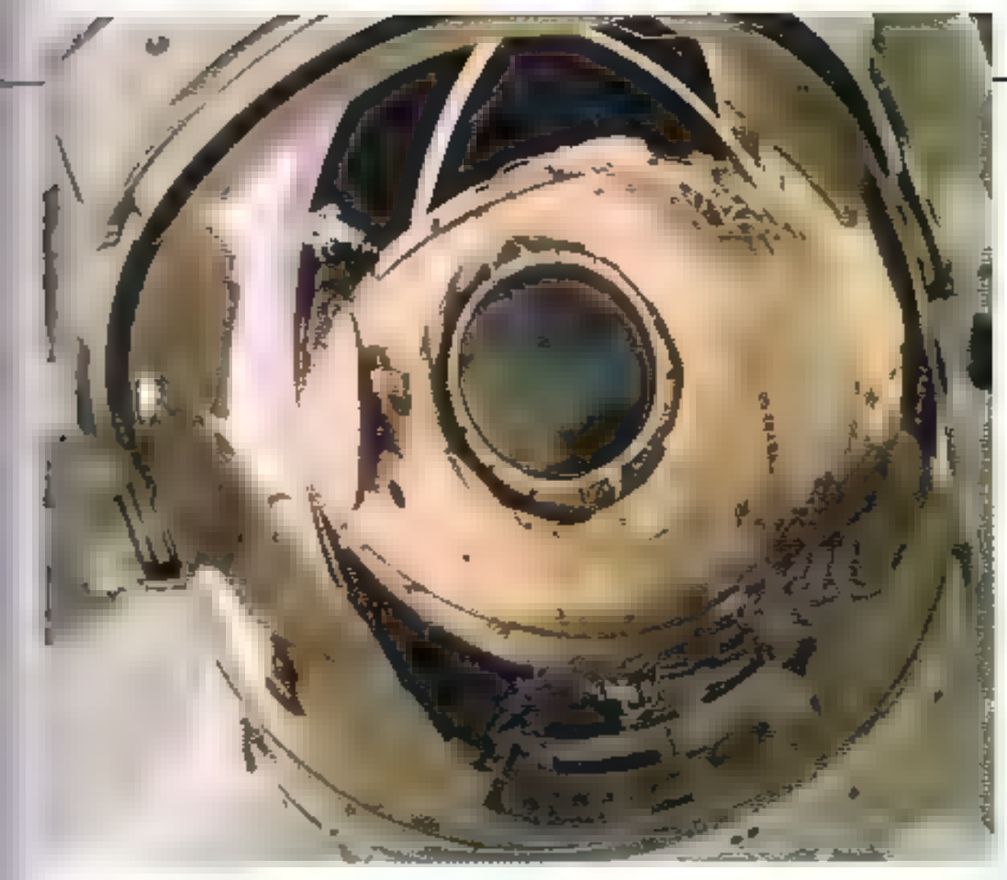


ذرّات كَربون الغرافيت تُشكّل صفائح مُنبسطة

ذرّات الماس تُشكّل بِنية ثُلاثيّة الأبعاد.

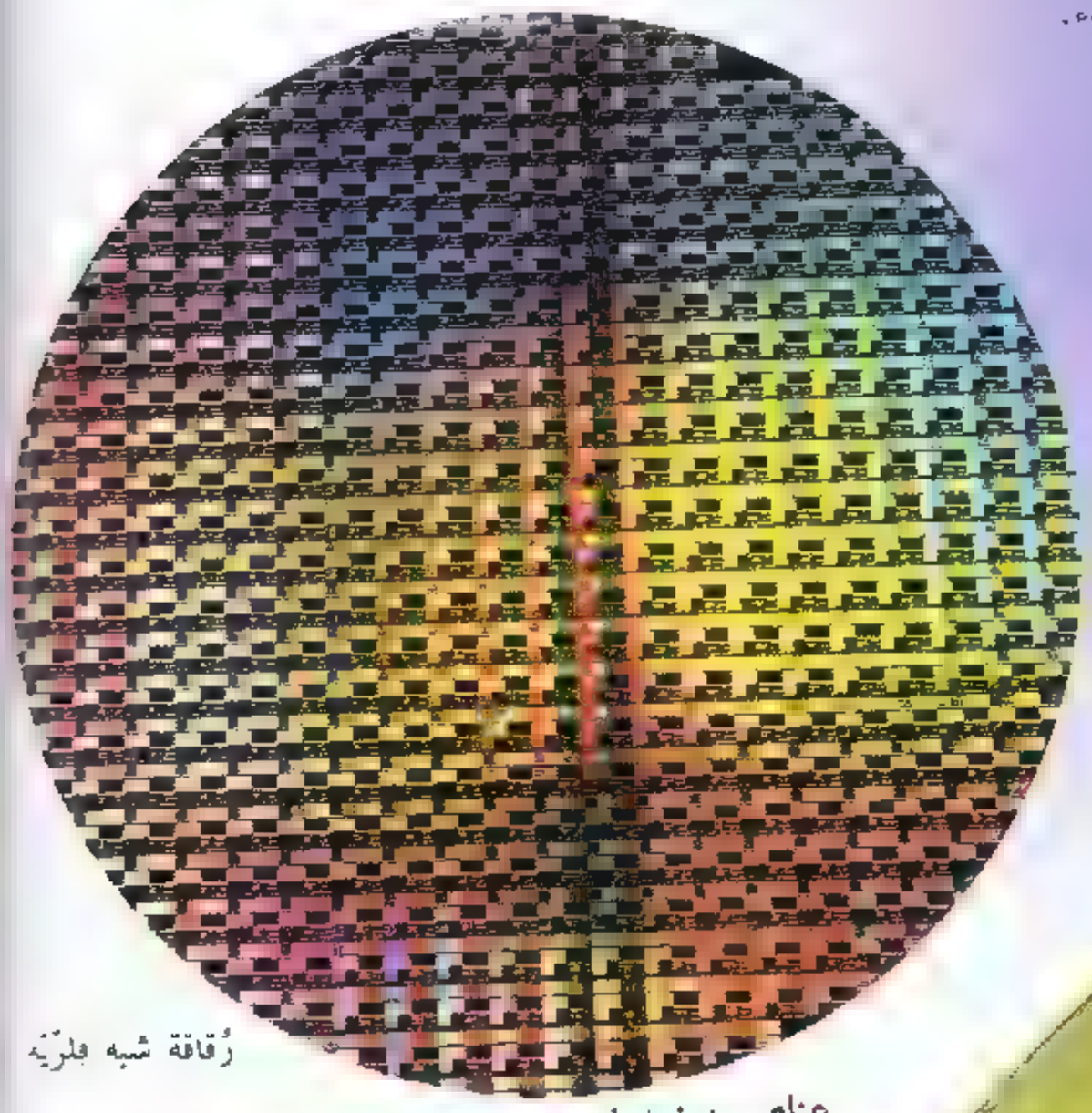
فِلِزّات ولافِلِزّات

نحو 70 عنصرًا من بين العناصرِ التِّسعينَ أو نحوِها التي تتشكَّلُ طبيعيًّا في العالَمِ، هي عناصرُ فلزّيّةٌ. وهذه لها خواصُّ مختلفةٌ عن العناصرِ الباقيةِ، والتي هي عناصرُ لافِلِزّيّةٌ وشبه فِلِزّيّةٍ. تشتمِلُ اللافِلِزّيّاتُ على عناصرَ جامدةٍ مثلِ الكَربونِ وعناصرَ غازيّةٍ مثلِ النّتروجينِ. معظمُ الفِلِزّاتِ لمّاعةٌ، متينةٌ، ذاتُ كثافةٍ عاليةٍ ونُقطةِ انصهارٍ عاليةٍ. وهي جيّدةُ التّوصيلِ للحرارةِ والكهرباءِ. بالمُقابلِ، فإنّ معظمَ اللافِلِزّاتِ كامِدةُ اللونِ، ضعيفةٌ، وذاتُ كثافةٍ مُنخفضةٍ ونُقطةِ انصهارٍ مُنخفضةٍ. وهي رديئةُ التّوصيلِ للحرارةِ والكهرباءِ. لأشباهِ الفِلِزّاتِ خواصُّ بين الفِلِزّاتِ واللافِلِزّاتِ.



مُوَصِّلات جيّدة

للفِلِزّات عدد من الخواص التي تُميّزُها عن غيرها من العناصر معظم الفِلِزّات، على سبيل المثال، صُلبة ولمّاعة. يُستخدم الذهب في طلي بطاق الرؤية في خوذة روّاد الفضاء (أعلاه) إذ إنّه يعكِس ضوء الشمس الساطع ولا يصدأ. معظم الفِلِزّات موصِّلة جيّدة للحرارة والكهرباء لهذا، نحن نصنع منها قُدور الطبخ والأسلاك التي تنقُل الكهرباء. الإلكترونات تتنقل في المعدن دون مَشقّة من ذرّة إلى أخرى مجاورة معها عبر الحرارة أو الكهرباء.



رُقاقة شبه فلزّية

عناصر بين بين

العناصر شبه الفِلِزّية لا هي فِلِزّات حقيقيّة ولا هي لافِلِزّات حقيقيّة. أشباه الفِلِزّات لَقيّة تكادُ لا توصِّلُ الكهرباء أبدًا. لكن إذا أضيفَت إليها عناصر معيّنة، تبدأ بتوصيل الكهرباء قليلًا. وتُصبح شبه موصِّلة. السِّليكون هو أشيع أشباه المُوصِّلات، وهو يُستخدَم في صنع الشرائح الصُّغرية لأجهزة الكومبيوتر والأجهزة الإلكترونيّة الأخرى (ص 144-145).

فِلِزّ سائل

الزئبق فِلِزّ غير اعتياديّ إذ إنّه يكون سائلًا في درجة حرارة الغرفة. لكنّ له خواصّ الفِلِزّات الأخرى كلّها. وهو فِضّيّ اللون وجيّد التّوصيل للحرارة والكهرباء.

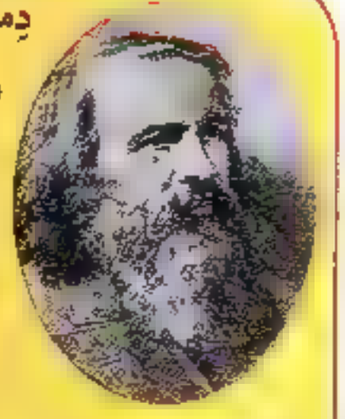
كِبريت طَرِيّ

الكِبريت لا فِلِزّ نموذجيّ. فهو طريّ، هشّ، ويتصهر بسهولة، وغير موصِّل للحرارة أو الكهرباء. يسلُك كيماويًّا مَسلَك الأُكسجين، فهو شديد التفاعُل عندما يتّحِد مع موادّ أخرى - وتَجِده في المجموعة نفسها من الجدول الدّوريّ للعناصر. يوجد الكِبريت على كوكب الأرض طبيعيًّا حول فوّهات البراكين. كما يوجد على براكين واحد من أقمار المُشتَري والذي تُسمّيه آيو. يتدفّق الكِبريت بصورة متواصِلة من براكين آيو وهو ما أعطى ذلك القمر شكله البرتُقاليّ المُصفَرّ.

تفاعُليّة مُفرِطة

فِلِزّ المَغنيسيوم يحترِق سريعًا في الهواء مُطلِقًا لَهَبًا أبيض مُذهلًا (إلى اليسار). إنّه عنصر فائق لتفاعُليّة. ولهذا السبب لا نَجِد المَغنيسيوم في الطبيعة مُستقِلًّا. نَجِده مُتّحِدًا مع عناصر أخرى في مُركَّبات، مثل سُلْفات المَغنيسيوم. معظم العناصر الأخرى هي أيضًا مُفرِطة التفاعُليّة فلا توجد مُستقِلّة في الطبيعة. إلّا أنّ هناك استثناءات، منها الكَربون والكِبريت، وبعض الغازات مثل الأُكسجين، وبعض المعادن الثَّمينة مثل الذهب. نَدعو العناصر التي نَجِدُها نَقيّة في الطبيعة عناصر طبيعيّة.

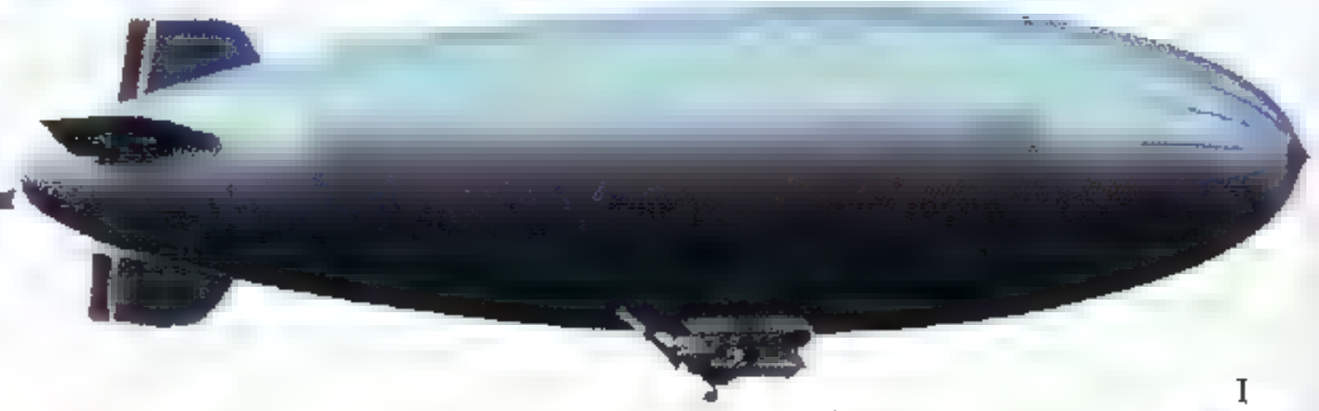
دِمتري مَنْديلييف (1834-1907)



في مطلَع القرن التاسع عشر، بدأ الكيميائيّون يَسعَون إلى وضع العناصر في جداول منظَّمة. وكان أنجحهم في ذلك الكيميائيّ الروسيّ دِمتري مَنْديلييف. وفي العام 1869 وضعَ جدولًا أورَدَ فيه 63 عنصرًا كانت معروفة حينذاك مُرتَّبة بحسب وزنها الذرّيّ (الوزن الذرّيّ نُسمّيه اليوم الكُتلة الذرّيّة النسبيّة. وهي طريقة في مُقارَنة كُتل ذرّات العناصر). رَتَّبَ مَنْديلييف العناصر في جدوله بحيث تُري تغيُّرًا دَوريًّا في الخواصّ. ومنذ أن وضعَ جدوله ذاك، أمكَن إدخال العناصر الجديدة المُكتشَفة كلّها فيه.

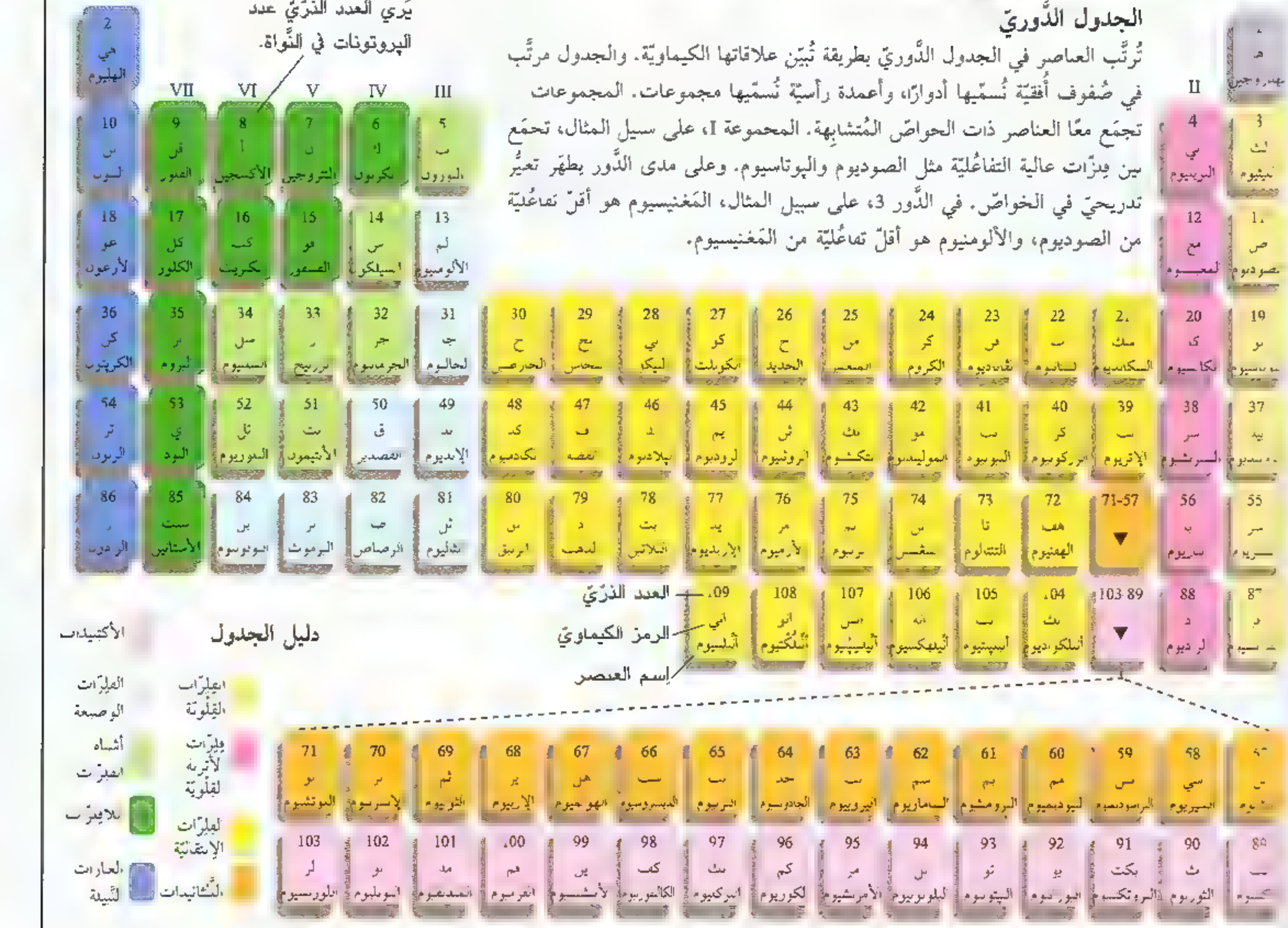
الغازات النَّبيلة

العنصر في المجموعة الأخيرة من الجدول الدَّوريّ هي غازات. وهي غير اعتياديّة لأنّها لا تتّحِد بسهولة مع عناصر أخرى. ولم يُحضَّر إلّا عدد قليل من مُركّباتها. الهِلْيوم، وهو يُستخدَم في السُّفن الهوائيّة، أو المناطيد، واحد من أكثر الغازات، التي نُسمّيها نبيلة، مَنفَعةً.



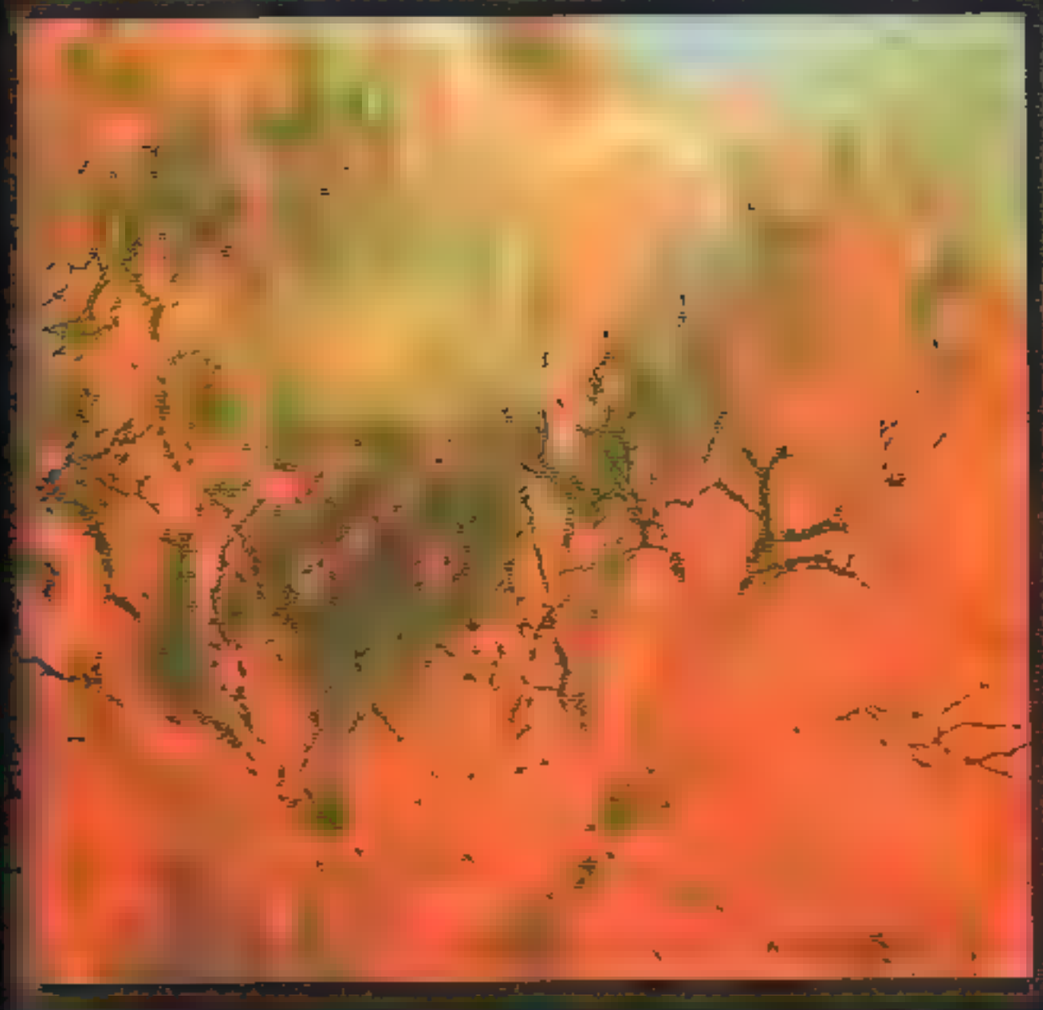
الجدول الدَّوريّ

تُرتَّب العناصر في الجدول الدَّوريّ بطريقة تُبيّن علاقاتها الكيماويّة. والجدول مرتَّب في صُفوف أُفقيّة نُسمّيها أدوارًا، وأعمدة رأسيّة نُسمّيها مجموعات. المجموعات تجمَع معًا العناصر ذات الخواصّ المُتشابِهة. المجموعة I، على سبيل المثال، تجمَع بين فِلِزّات عالية التفاعُليّة مثل الصوديوم والپوتاسيوم. وعلى مدى الدَّور يظهَر تغيُّر تدريجيّ في الخواصّ. في الدَّور 3، على سبيل المثال، المَغنيسيوم هو أقلّ تفاعُليّة من الصوديوم، والألومنيوم هو أقلّ تفاعُليّة من المَغنيسيوم.



التفاعُلات الكيماويّة

المواد الكيماوية التي من حولنا، بل وتلك التي في داخل أجسامنا، تتلاقى وتتحد على نحو متواصل وتتغير إلى مواد جديدة. تسمى هذه العمليات تفاعلات. تحدث تفاعلات كيماوية، على سبيل المثال، عندما يحترق خشب الموقد، وعندما يصدأ مسمار، وعندما تسلق بيضة. في داخل أجسامنا، تساعد هذه التفاعلات في بقائنا أحياء. التنفس وتناول الطعام يدخل فيهما التفاعل الكيماوي الذي نسميه تأكسدا، وفيه يتحد الأكسجين مع الطعام لتوليد الطاقة اللازمة لنا. التأكسد هو واحد من أشيع التفاعلات الكيماوية. الاحتراق والتأكل بالصدأ يدخل فيهما أيضا التأكسد. تحدث بعض التفاعلات، مثل التأكل بالصدأ، ببطء، بينما تحدث أخرى، مثل الانفجارات، بسرعة فائقة.



حريق مستعر

الاحتراق هو تفاعل تأكسد سريع. عندما تحترق المواد، تتحد مع أكسجين الهواء وتطلق طاقة حرارية وضوئية (لهبا). إن وقدا مثل الفحم الحجري والنفط هي مواد جيدة الاحتراق وتطلق كميات كبيرة من الطاقة. وهي وقد تحتوي على الكثير من الكربون، الذي يتحد مع أكسجين الهواء مشكلا غاز ثاني أكسيد الكربون. التفاعلات التي تطلق طاقة، مثل تفاعل الاحتراق، نسميها إكزوثرمية، أو مطلقة للحرارة. على أن بعض التفاعلات تمتص الحرارة ونسميها إندوثرمية، أو ماصة للحرارة. تستخدم في الكمادات الفورية التبريد تفاعلات إندوثرمية.

التأكسد والاختزال

في تفاعل التأكسد، تكسب مادة أكسجينا، وهذا يستتبع أن مادة أخرى تفقد أكسجينا. فقدان الأكسجين نسميه اختزالا. تسمى التفاعلات التي يحدث فيها التأكسد والاختزال في الوقت نفسه أكسدة. في صهر التنقية، يتأكسد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون، ويختزل أكسيد الحديد إلى حديد.

يحصل على الحديد النقي من خام الحديد بواسطة عملية صهر.

تحوّل مادّيّ

عندما يصدأ فِلِزّ الحديد، يتحوّل إلى مادة أخرى هي أكسيد الحديد. يحدث فيه تحوّل كيميائي لا تستطيع بعده أن تستعيد الفِلِزّ النقي ببساطة. أمّا عندما تذوب المصّاصة المُثلّجة فإنها تتحوّل إلى سائل. ما يجري عليها تغيّرٌ مادّيّ ظاهريّ. فهي لا تزال المادّة الكيميائية نفسها، في الماء، لكن في شكل مختلف. ◄ 14

تتغيّر حالة المصّاصات المُثلّجة، حين تذوب، من جامدة إلى سائله

تحوّل بطيء ومؤكّد

إذا تُركت مسامير فولاذية لمّاعة في الخارج، لا تبقى لمّاعة طويلا. بل تُغطّيها طبقة من الصدأ بنيّة محمرّة. يهاجم الأكسجين ورطوبة الهواء حديد المسامير فيتشكّل أكسيد الحديد. عملية التأكّل بالصدأ هذه هي مثال على تفاعل أكسدة بطيء. طبقة الصدأ على الحديد تتقشّر تدريجا، كاشفة عن المزيد والمزيد من الحديد الذي يتعرّض بدوره للتأكّل بالصدأ. تتأكّل بالصدأ أنواع عديدة من الفِلِزّات، لكن بعضها، مثل الذهب، مُقاوِم للتأكّل ولهذا يظلّ ثَروَنا وقَرونا مُحافِظا على لمعانه.

تفاعُلات المُحوِّل تولِّد غازات ثاني أُكسيد الكَربون والنِّتروجين وبُخار الماء غير الضارّة نِسبيًّا.

تسريع التفاعُلات

تُطلِق السيّارات عبر عوادِمها مواد مُلوِّثة، بما فيها أوّل أُكسيد الكَربون، والوَقود غير المُحترق، وأُكسيدات النِّتروجين. لمُعالجة هذه المشكلة، يزوّد العديد من السيّارات اليوم بمُحوِّلات مُحفِّزة. وتسمّى هذه المُحوِّلات بذلك لأنها تحوّل الملوِّثات إلى غازات أقلّ ضررًا باستخدام مُحفِّز، أو وسيط كيماوي. المُحفِّز هو مادة تساعِد في إحداث تفاعُل كيماوي وفي تسريعه، لكنّ التفاعُل لا يغيّره. المُحوِّلات المُحفِّزة تقلِّل من الطاقة اللازمة لحُدوث التفاعُل. المواد المُتفاعِلة عمومًا تتّصِل بالمُحفِّز، تتفاعَل، ثمّ تترُكه.

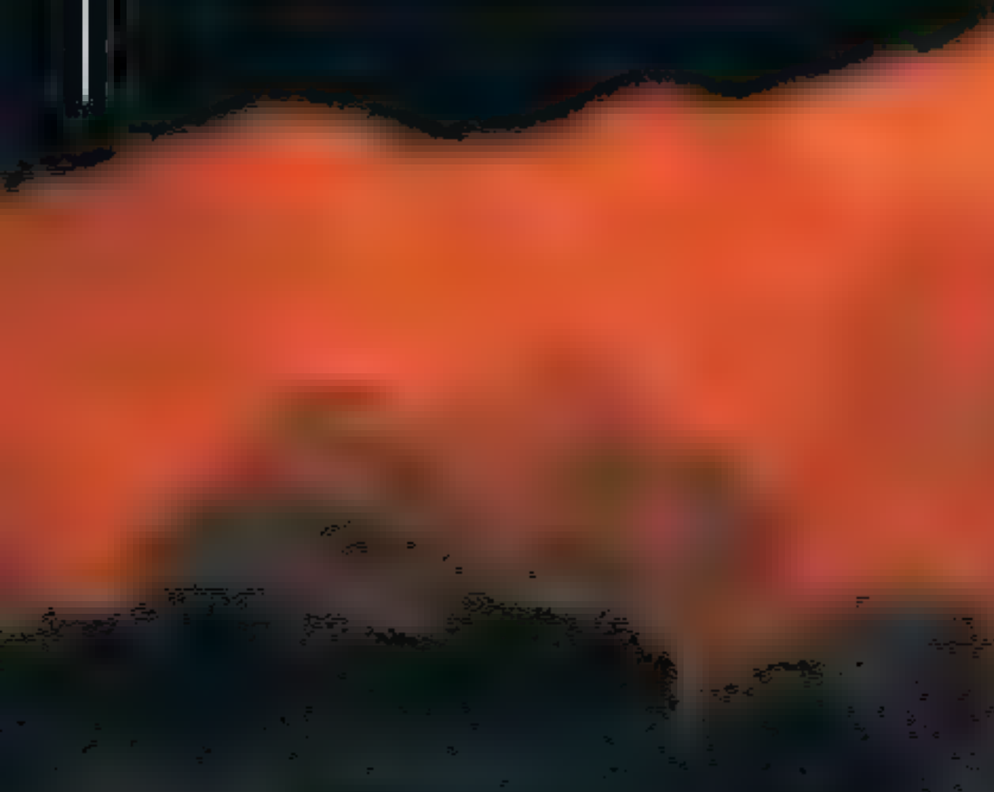
تَعال نجرِّب
تفاعُل فَوّار

الكَربونات هي مُركَّبات كيماوية يتّحِد فيها الفِلِزّ بالكَربون والأُكسجين. عندما تُهاجِمُ الأحماض، مثل الحمّ، الكَربونات، يَنطلِقُ غاز ثاني أُكسيد الكَربون.

اللوازم كوب وطَبَق؛ بيكَربونات الصودا؛ مسحوق غَسيل؛ خلّ؛ مِلعقة؛ ملوِّن طعام أحمر وآخر أزرق.

1 إخلِط البيكَربونات، ومَسحوق الغَسيل، وملوِّن الطعام الأزرق، وقليلًا من الماء في كوب، وضَع الكوب في طَبَق. أَسقِطْ بضع قطرات من ملوِّن الطعام الأحمر في الخلّ وصُبَّه في الكوب

2 قد يُطرطِش الخليط فأَدِرْ وجهك أوّل الأمر. يفورُ الخليط بقوّة، إذ يتفاعَل الحَمْض والكَربونات معًا، ويَنطلِق ثاني أُكسيد الكَربون. ويبدو ما يفورُ ويطفَحُ من الكوب أشبه بثَوران بُركان صغير.



تفاعُلات كهربائيّة

تحتاج التفاعُلات الكيماوية إلى طاقة لتعمل. في جو الأرض، يوفّر البرق الطاقة اللازمة للتفاعُل بين النِّتروجين والأُكسجين الموجودين في الجو، فيتشكّل نتيجة تفاعُلهما أُكسيد النِّتروجين. وهذا يتّحِد مع الرُّطوبة لتشكيل حامِض النيتريك. ويأتي المطر فيحمِل معه هذا الحامِض إلى التُّربة. ثمّ يتّحِد الحامِض مع موادّ أخرى لتشكيل أملاح نُسمّيها نِتْرات، وهي موادّ مُغذّية عظيمة الفائدة للنّباتات. يستخدِمُ الكيميائيّون أيضًا الكهرباء لإحداث التفاعُلات. يستخدِمونها لفصل المُركّبات الكيماوية، في عمليّة نُسمّيها الكَهرَلة، أو التحليل الكهربائي. يستخرج الألومنيوم من خاماته بالكَهرَلة.

الكيميائيّون وما يَعمَلون

يسخّر الكيميائيّون معرفتهم للعناصر الكيميائيّة وطريقة تفاعلِها بعضها مع بعضٍ لتطوير منتجاتٍ مفيدةٍ لا حصر لها، مثل أنواع المصنوعات البلاستيكيّة والأصبغة الجديدة والأدوية الشافية. الكيميائيّون هم عُلماءُ يدرسون خواصّ المواد وتركيبها والتغيّرات التي تحدث فيها. في فرعي الكيمياء، يدرس الكيميائيّون المتخصصون بالكيمياء العضويّة الكربون ومركباته، بينما يدرس الكيميائيّون المتخصصون بالكيمياء اللاعضويّة العناصر الأخرى كلّها. أمّا البحث في الكائنات الحيّة والتغيّرات الكيميائيّة التي تحدث داخل تلك الكائنات فهو عملُ المتخصصين بالكيمياء الحيويّة.

الصناعة الكيميائيّة

التقطير – وهو تكثيف البخار إلى سائل مجدداً – هو عمليّة صناعيّة شائعة. هذه الصورة (أعلاه) تري أبراج تقطير في مصنع كبير للموادّ الكيماويّة. تنتج الصناعة الكيماويّة ملايين الأطنان من الموادّ الكيماويّة سنويًا، ومن أهمها الأحماض والقلويات والأسمدة، وهي التي تسمى بالكيماويات الثقيلة أو الأساسيّة. التفاعلات التي يحضرها الكيميائيّون في مختبراتهم، يقوم المهندسون الكيميائيّون في ما بعد بإنتاجها على نطاق واسع في مصانع يصممونها لهذه الغاية.

بيركِن والصِّباغ الإصطناعيّ

في العام 1856، قامَ طالب الكيمياء الإنجليزيّ وِلْيَم هَنْري بيرْكِن (1838-1907) بصُنْع صِباغ الموفين – أحد أوائل الأصبغة الإصطناعيّة. أعدَّ الصِّباغ من الأنيلين، وهو مادّة عُضويّة تكون في قَطران الفحم الحجريّ. في العام 1857، بَنى مَصنَعًا لإنتاج الصِّباغ الأرجوانيّ الزاهي، وبدأَ بذلك عصر الصِّناعة الكيماويّة العُضويّة.

اِختبارات اللَّهب

بإمكان الكيميائيّين أن يستخدموا تحارب اللَّهب لتحديد العناصر التي تتركّب منها عَيّنة من مادّة كيماويّة. هذه التحارب تُجرى في مُختبَرات وتحت إشراف دقيق ذلك أنّها تحمِلُ إمكان مَخاطر كيماويّة. يُحرِقُ العُلماء شيئًا قليلًا من كلّ عَيّنة ويُلاحِظون ألوان لَهَبها. العناصر المختلفة يَصدُر عن احتراقها ألوان لَهَب مختلفة. هنا، يُحرِق الكيميائيّون أملاحَ (نترات) الباريوم، وأملاح النُّحاس وأملاح الصوديوم وأملاح الليثيوم مُستخدِمين كُحولًا مُمَثِّلًا. الأملاح تُسحَق وتُوضع في أطباق مُنفصِلة قبل إضافة الكُحول المُمَثِّل وإشعالها بعود ثِقاب. يكونُ في لون اللَّهب عندما يَمَسّ المِلحَ دلالة على نوع العنصر في العَيّنة الكيماويّة.

ملح الباريوم يُعطي اللَّهب لونًا أخضر حقيقيًا.

تَعال نُجرِّب
الإستشراب

وقت الإختبار

يمثّل تحليل العيّنات الكيمياوية جزءًا مهمًا من عمل الكيميائيّ. في التحليل النوعيّ للعيّنات الكيماوية يهدف الكيميائيّون إلى تحديد طبيعة المواد المختلفة في العيّنة دون كمّياتها. وقد يجرون اختبارات بسيطة، مثل اختبار اللّهب، ومن ثم يقومون بالمزيد من الإستقصاء المنهجيّ مستخدمين سلسلة من المواد الكيماوية المعتمدة والمعدّات المتطورة. في التحليل الكمّيّ، يسعى الكيميائيّون إلى تحديد كمّيّة كلّ من المواد المختلفة في كل عيّنة.

كثيرًا ما يَستخدمُ الكيميائيّون تِقْنيّة يُسمّونها الإستشراب، أو الفصل الكروماتوغرافيّ، لفصل موادّ الخليط. يُمكِنُ استخدام الإستشراب لفصل الأصبغة المُلوِّنة. **اللوازم:** ألوان من الحِبر أو مُلوِّنات طعام؛ مِرطَبانات، أو بَرطَمانات، زُجاجيّة؛ ورق نشّف؛ ماء؛ مِشبك ورق كبيرة.

1 إخلِطْ ألوان الحِبر (أو مُلوِّنات الطعام) معًا في مِرطَبانات صغيرة، واضعًا في كلّ مِرطَبان خليطًا مختلفًا.

2 ضَعْ قَطرة من كلّ خليط على شَقّة مُنفصِلة من ورق النّشّاف. ضعْ قليلًا من الماء في مِرطَبانات نظيفه، ثمّ امسِك كلًّا من شُقَق ورق النّشّاف بمِشبَك ورق كبير ودَلِّها في مرطَبان بحيث تَمَسُّ سطح الماء فيه.

3 إذ يتصعَّدُ الماء في شَقّة ورق النشّف، يَحمِل معه الألوان. بعض الألوان تنتقِل أسرع من غيرها، لذا ينفصِل الخليط إلى نِطاقات من الألوان.

يحترِق الكحول المَثيل مُستقِلًا بلون أزرق.

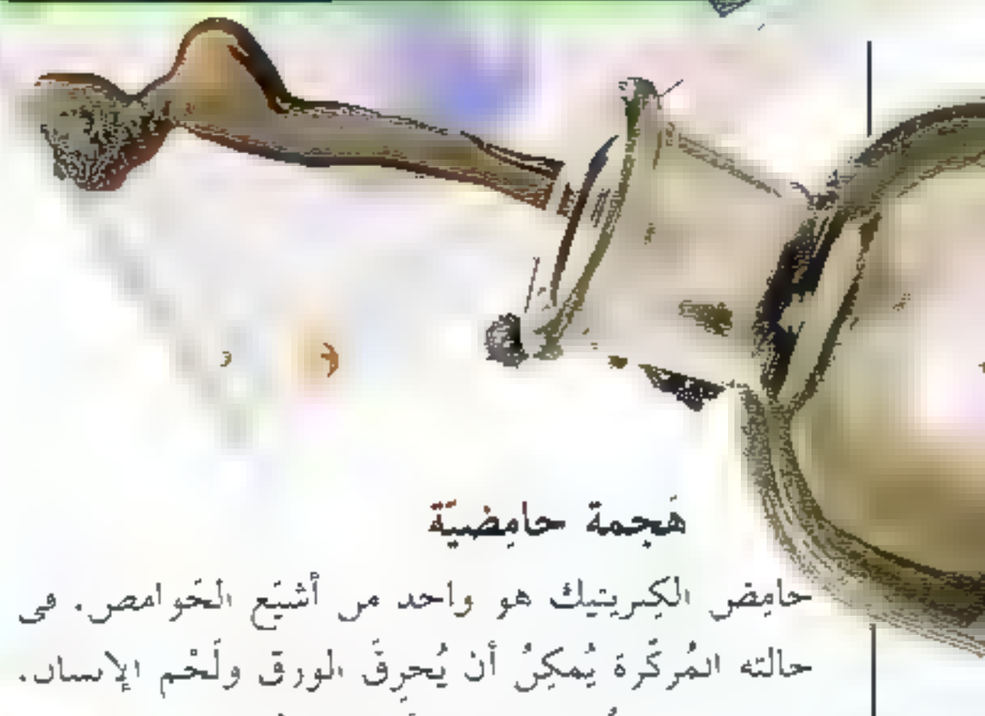
أملاح النُّحاس تحترِق بلون أخضر زاهٍ.

أملاح الصوديوم تحترِق بلون أصفر برتقالي ساطِع.

أملاح الليثيوم تحترِق بلون أحمر زاهٍ.

الحَوامض والقواعد

إذا نَتَشتَ ليمونةً وَجَدتَ لها مذاقًا حامِضًا. وإذا شَربتَ لَبَنًا زَباديًّا وَجَدتَه أيضًا حامِضًا. وهذا ما تَشعُرُ به إذا ذُقتَ حلًّا. لهذه الموادِّ طَعْمٌ حامِضيٌّ لأنّها تَحتوي على حَوامِض. الحَوامِضُ في الليمونِ واللبنِ الزَّباديّ والخلِّ حَوامِضُ ضعيفةٌ. لكنّ من الحَوامِضِ ما هو قويٌّ وخَطِرٌ. تَحتوي بطّاريّاتُ السيّاراتِ على حامِضِ الكِبريتيك، الذي يُحرِقُ الجلدَ ويتآكَلُ المعادنَ. للحَوامِض أضدادٌ كيماويّةٌ نُسمّيها قواعدَ. القواعدُ المُنحلّةُ في الماءِ نُسمّيها قِلْيًا. والقواعدُ، مثلُها مثلُ الحَوامِضِ، يُمكِنُ أن تكونَ قويّةً أو ضعيفةً. الصودا الكاويةُ واحدةٌ من أشدِّ القواعدِ قوّةً، وهي مادّةٌ تدخُلُ في مُنظِّفاتِ الأفرانِ. وتُسمّى كاويةً لأنّها يُمكِنُ أن تُحرِقَ الجلدَ. الصابونُ، من جهةٍ أخرى، من القواعدِ الضعيفةِ. القواعدُ تَميلُ إلى أن تكونَ صابونيّةَ المَلمَسِ زَلِقةً.



هَجمة حامِضيّة

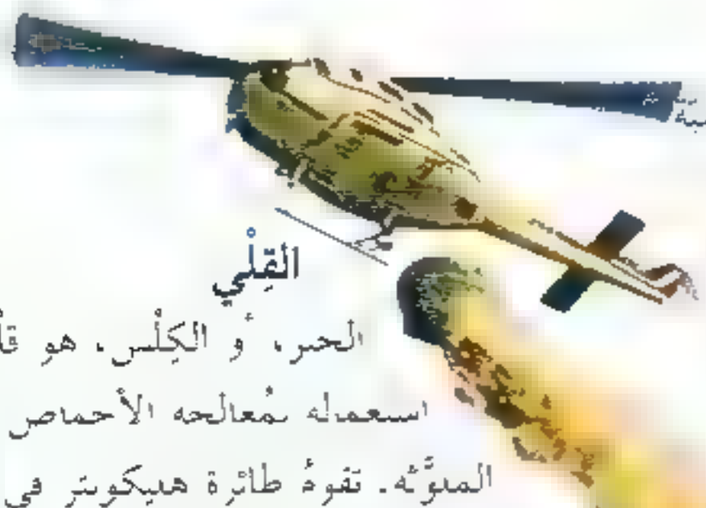
حامِض الكِبريتيك هو واحد من أشيَع الحَوامِض. في حالته المُركّزة يُمكِنُ أن يُحرِقَ الورق ولَحْم الإنسان. الحامِض يمتصُّ الماء من أيّ مادّة يُلامِسها. وهو يَتفاعَل مع الورق (أعلاه)، الذي يحتوي على كَربون، مُحلِّفًا وراءه كَربونًا أسود. وفي المَحاليل، تولِّد أشيَعُ الأحماض جُسيمات هِدروجين مشحونة كهربائيًّا نُسمّيها أيونات هِدروجين. العُلماء يُعطون هذه الأيونات رمز H^+ لأنّ لها شِحنة كهربائيّة موحَّدة.

حَوامض ضعيفة

الحامِض الذي نُعصي للتموت وغيره من الثِّمار الحَمضيّة مذاقها الحادّ هو حامِض السيتْريك. وتحتوي ثِمار التفّاح والعِنَب على الكثير من حامِض الطرطير. أمّا لبن الحامِض فيَحتوي على حامِض اللَّبَنيك. هذه الحَوامِض العُضويّة أضعف كثيرًا من الحوامِض اللاعضويّة، مثل حامِض الكِبريتيك، لأنّها لا تملك أيونات الهِدروجين بسهولة.

المطر الحامِضيّ

عندما يحترِقُ الفحم الحجريّ في محطّات تَوليد الطاقة، يُطلِقُ في الجوّ غاز ثاني أُكسيد الكِبريت. هذا الغاز يتّحِد مع رُطوبة الهواء لتشكيل قطرات من حامِض الكِبريتيك المُخفَّف. عندما تهطِلُ الأمطار، يهطِلُ معها الحامِض المُخفَّف، والذي يُمكِنُ أن يقتُلَ الأشجار ويُلوِّث البُحيرات والأنهار.



القِلْي

الجير، أو الكِلْس، هو قِلْي يُمكِن استعماله لمُعالجة الأحماض في المياه الملوَّثة. تقومُ طائرة هيليكوبتر في الصورة (إلى اليمين) بإسقاط الجير في بُحيرة ملوَّثة في السويد. مُعالجة البُحيرة بالجير يُبطِلُ مفعول الحامِض فيها. الجير هو مُركَّب هِدروكْسيد الكالسيوم. وهو يُنتِجُ عند انحلاله بالماء، مثله مثل سائر القِلي، أيونات الهِدروكْسيد (OH^-) والحوامِض يمكن أن تُنتِج أيونات الهِدروجين (H^+). عندما يجتمِعُ القِلْي والحامِض، تتّحِد أيونات الهِدروجين وأيونات الهِدروكْسيد مشكِّلةً ماء. إذا ما استُهلِكت الأيونات كلّها، يكونُ المحلول النهائيّ مُتعادِلًا — أي لا حامضيًّا ولا قِلْويًّا.

إبرة في الذَّيل

سعة لنحل مؤلمة جدًّا. تحقُنُ النَّحلة حامِضًا في
جسم الشخص بإبره شوكيّة (ترى أعلاه مُكبَّرةً).
يمكن لشخص المَلسوع أن يُخفّف من الألم
عبر مكان اللَّسْعة بصابون لإزالة الإبرة.
صابون هو قِلْي ضعيف يتعادَل مع الحمض.
لنَّمل ونبات القُرّاص يَلسعان أيضًا بحامِض.

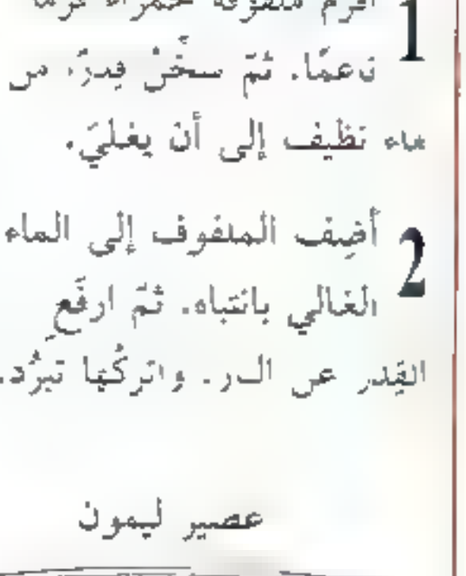
تهدئة المَعِدة

يحدُثُ أحيانًا عندما يأكُلُ الإنسان طعامًا دَسمًا
جدًّا، أن تتراكَمَ الحَوامض في مَعِدتِهِ، فيَشعُرَ
بالارتياح. للتخفيف من عوارض عسر الهضم
الحمضيّ، يُمكِن للشخص أن يتناوَلَ حبّات
مضادّة للحَوامض. هذه تحتوي على قِلْي ضعيف،
مثل كربونات الكَلسيوم، التي تتفاعَل مع الحامِض
في المَعِدة وتُبطِل مفعوله.

تَعال نُجرِّب

كَواشِف الحَوامض

يستخدِمُ الكيميائيّون محاليل تُدعى كَواشِف لمعرفة ما إذا كانت المادّة حمضية أو قِلْويّة، وأيضًا لمعرفة درجة الحُموضة أو القِلْويّة فيها. تبيِّن الكَواشِف حُموضة مادّة أو قِلْويّتها بتَغيير لونها. الكاشف الشائع هو صِبْغ دَوّار الشمس، وهو مادّة أُرجوانيّة ذوّابة في الماء تُحضَّر من أُشْنات مختلفة. يتحوَّل لون هذه المادّة إلى الحُمرة مع الحَوامض وإلى الزُّرقة مع القِلْويّات. يُمكِن تحضير كَواشِف أخرى من أنواع أخرى من النبات. في هذه التجربة يُستخدَم الملفوف (الكُرُنْب) الأحمر. **اللوازم:** راشد مُشرِف؛ ملفوف أحمر؛ سكّين؛ قِدْر؛ مصدر حراريّ؛ مِصفاة مُنخُل؛ عصير ليمون؛ مُستحلَب المَغنيسيا (يتوفَّر في الصيدليّات)؛ بيكربونات الصودا؛ مَرطَبانات (بَرطَمانات). لا تُحاوِلْ أن تَخلِطَ هذه الموادّ المُستعمَلة في هذه التجربة.



1 أُفرُمْ ملفوفة حمراء فرْمًا ناعمًا. ثمّ سخِّنْ قِدرًا من ماء نظيف إلى أن يغليَ.

2 أضِف الملفوف إلى الماء الغالي بانتباه. ثمّ ارفَعِ القِدر عن النار. واتركْها تبرُد.

3 صَفِّ الملفوف في مِصفاة المُنخُل، وضَعِ السائل الأحمر الأرجوانيّ في مرطبان. هذا هو الكاشف.

4 صُبَّ قليلًا من الكاشف في مرطبانات. أضِف كلًّا من الموادّ الأخرى إلى مرطبان لِاختبارها، ولاحِظْ أيّ تغيُّر في اللون.

عصير ليمون

حامِض ضعيف يُحوِّل الكاشف إلى لون أحمر.

مُستحلَب المَغنيسيا

قِلْي قويّ يُحوِّل الكاشف إلى لون أخضر.

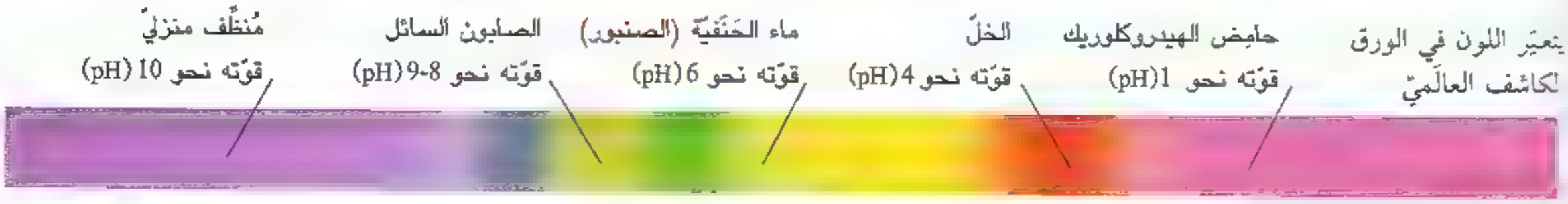
بيكربونات الصودا

قِلْي ضعيف يُحوِّل الكاشف إلى لون أُرجوانيّ مُزرَقّ.

مقياس (pH)

درجة الحُموضة أو القِلْويّة في محلول تتوقَّف على عدد ما فيه من أيونات الهيدروجين (H^+). المحلول المُحتوي على العديد من هذه الأيونات يكون شديد درجة الحُموضة. أمّا المحلول المُحتوي على عدد قليل من الأيونات فهو قِلْويّ. يمكن لكيميائيّين أن يُحدِّدوا عدد الأيونات في المحلول باستخدام مِقياس (pH). الحَرفان (pH) يَعنيان قوّة الهيدروجين. في هذا المِقياس، يكونُ للمحلول الذي قوّته 1 (pH) شديد الحُموضة، ويكونُ المحلول الذي قوّته 14 (pH) شديد القِلْويّة. المحاليل المُتعادِلة والتي هي ليست حامِضيّة ولا قِلْويّة تكون قوّتها 7 (pH).

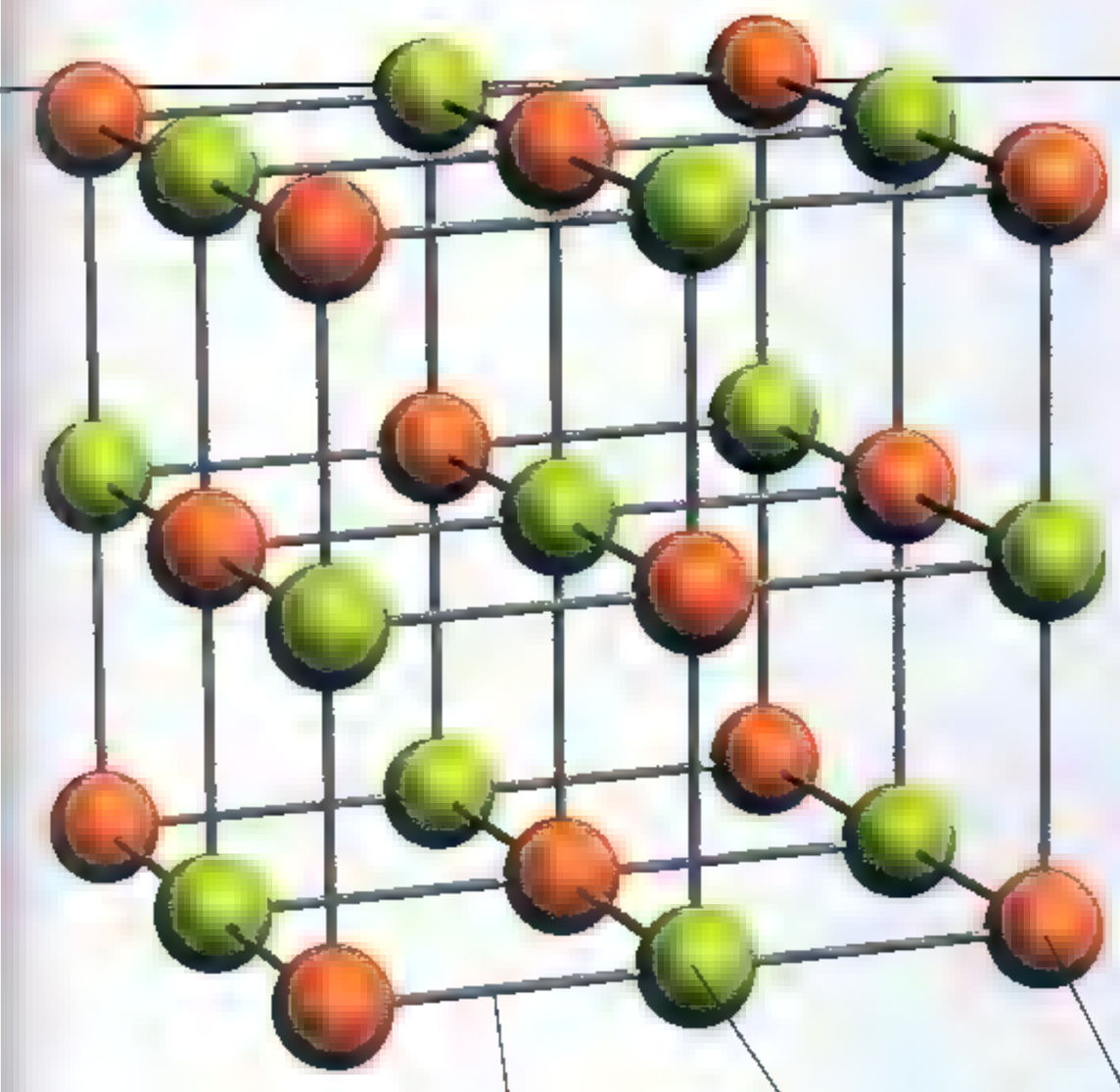
الورق الكاشف يتحوَّل إلى أحمر قانٍ في حامِض الهيدروكلوريك المُخفَّف، والذي قوّته نحو 1(pH).



أملاح وصابون

عندما تسبَحُ في البحرِ، ستُلاحِظُ أنّ ماءَه مالِحٌ جِدًّا. سببُ ذلك أنّ البحرَ حافلٌ بالأملاحِ المُذابةِ فيه. المِلحُ الرئيسيُّ هو المُركَّبُ الكيماويُّ كلوريد الصوديوم – والذي نَعرِفُه بِاسْمِه الشائعِ مِلحِ الطعامِ – المِلحُ الذي نَستخدِمُه في تَطييبِ مأكولاتِنا.

تتشكَّلُ الأملاحُ عندما تُهاجِمُ الحَوامضُ المعادنَ الفِلِزّيّةَ. يُمكِنُ الحُصولُ على الكلوريدِ، وهو مِلحُ حامِضِ الكلوريدريك، من حامِض الهيدروكلوريك. ويُمكِنُ صُنْعُ السُّلفاتِ من حامِضِ الكبريتيك، ويُمكِنُ تحضيرُ النِّترات من حامِض النِّتريك. أمّا الصابونُ والمُنظِّفاتُ فهي أملاحٌ خاصّةٌ تُزيلُ الدُّهونَ والأوساخَ.



مُركَّب أيونات

معظم الأملاح هي مركّبات أيونيّة، تشكّلت من أيونات (ذرّات مَشحونة كهربائيًّا). كلوريد الصوديوم، على سبيل المثال، يتشكّل من أيونات صوديوم سالِبة الشّحنة وأيونات كلوريد موجَبة الشّحنة. عندما يكونُ المِلح جامدًا، تصطفُّ الأيونات فيه في بنية شبكيّة. التجاذُب الكهربائيّ بين الشّحنات السالِبة والموجَبة يُقيمُ بين الأيونات رابطًا. في الماء، تنحلُّ معظم الأملاح بسهولة لأنّ الأيونات تجتذِبُ جُزيئات الماء.

فلوريد مُضاف

الفلور واحد من معادن عديدة يحتاجُ إليها الجسم البشريّ ليظَلّ مُعافًى. فهو يُساعِد في تَقوية الأسنان والعِظام. كثيرًا ما تُضافُ أملاحُ الفلوريد إلى ماء الشُّرب للمُساعدة في منْع تسوُّس الأسنان، كما تُضاف إلى أنواع من مَعجون الأسنان للغاية نفسها.

استخراج مِلح البحر

كلّ لِتر من ماء البحر يحتوي على نحو 25 غ من المِلح. في المُناخ الحارّ، يُستخرَج المِلح مُباشرةً من البحر. يتِمُّ ذلك بتَوجيه ماء البحر إلى أحواض قليلة العُمق. إذ تُبخِّر حرارة الشمس الماء ببُطء، يتحلَّفُ المِلحُ. وفي المناطق غير الحارّة، يُستخرَج المِلح من صُخور مِلح الطعام.

◄ أملاح الفِضّة ◄

لبعض أملاح الفِضّة خاصّة غير اعتياديّة هي الحساسيّة للضوء. ذلك يجعَلها نافِعة في التصوير الفوتوغرافيّ. الطّلية الحسّاسة للضوء، على الفلم، تحتوي على بروميد الفِضّة. عندما يهبِطُ الضوء على هذه الطّلية، تحدُثُ في البروميد تغيُّرات غير مرئيّة. وعند مُعالجة الفِلم بموادّ كيماويّة تصهر الصوَر، وتُسمّي العمليّة لذلك تظهيرًا. ويُرى بروميد الفِضّة الذي لم يُصِبْه التغيُّر بعمليّة تُسمّيها تَثبيتًا.

هنا، ثيوكبريتات الصوديوم، أو مِلح الهيبو، يُذيب بروميد الفِضّة. كثيرًا ما تُستخدَم هذه العمليّة في مرحلة التّثبيت في التصوير الفوتوغرافيّ.

ترسُبات كِلسيّة على أصابع تَسخين في منطقة مياه عسيرة.

ماء عسير

عندما تسقُط الأمطار، تمتصّ من الهواء ثاني أُكسيد الكَربون وغازات أخرى. على الأرض، يحُلُّ الماء الحامِضيّ الصُّخورَ، وبخاصّة الصُّخور الطريّة مثل الحجر الجيريّ، أو الكِلسيّ. هذا يولِّد محاليل مِلحيّة من كَربونات المَغنيسيوم والكالسيوم الهيدروجينيّة تجعَلُ الماء عسيرًا. الماء العسير لا يرغو معه الصابون بسهولة. بإمكاننا أن نُزيلَ الأملاح من الماء بالغَلْي، إذ تَترسَّبُ على شكل رَواسِب طبشيريّة. بإمكاننا أيضًا إزالتها باستخدام مادّة مُيسِّرة للماء، أي مُزيلة عُسْره.

الصابون والمُنظِّفات

الصابون واحد من أقدَم موادّ التَّنظيف. وهو يُصنَع بغَلْي دُهن الحيوانات أو زُيوت النباتات مع قِلْي، مثل الصودا الكاوية. هذا يُنتِجُ أملاحًا حامضة يُمكِنُ أن تُهاجِمَ الدُّهون والأوساخ. المُشكلة أنّ الصابون يَتفاعَل مع الأملاح المحلولة في الماء العَسير مُخلِّفًا وسخًا – كثيرًا ما نرى شيئًا من ذلك في أرجاء مَغطِس الإستحمام بعد تنظيفه. المُنظِّفات الحديثة هي أيضًا أملاح، كثيرًا ما يدخُلُ في تركيبها موادّ نَفطيّة وحامِض الكِبريتيك. وهذه لا تَتحلَّف بسهولة عند الغَلْي، كما يُضافُ إليها موادّ كيميائيّة أخرى لتحسين عملها في التَّنظيف.

تَعال نجرِّب

عُسْر الماء

اعرِفْ ما عليه مياه الحَنفيّة (الصُّنبور) في بيتك من عُسْر بمُقارنتها بماء مُقطّر، أي ماء يُسير. اصنع اليسيرة تحوي أملاحًا غير تلك التي يَحويها الماء العسير، وبعضها لا يحوي أملاحًا أبدًا. اللوازم: صابون سائل، ماء مُقطَّر، ماء حَنفيّة، مِرطَبانان (برطمانان) بغطاء، قطّارة.

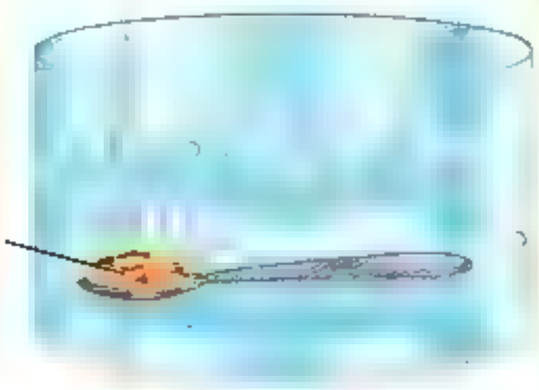
1 إخلِطْ كمّيّتَين مُتساويتَين من الصابون السائل والماء المُقطَّر لتحضير محلول صابونيّ. املأ المرطبانَين إلى نصفهما، أحدهما املأه بماء مُقطَّر والآخر بماء الحَنفيّة.

2 قطِّرْ في الماء المُقطَّر قطرات من المحلول الصابونيّ، قطرةً قطرة. عُدَّ القطرات بعد كلّ قطرة وهُزَّه. لاحظْ عدد القطرات التي لزِمَت لتتشكَّل رَغوة كثيرة.

3 الآن أضِفْ قطرات من المحلول الصابونيّ إلى ماء الحَنفيّة قطرة قطرة. هُزَّ المرطبان بين كلّ قطرة وأخرى. ما عدد الهزّات التي لزِمَت لتُشكِّل رَغوة كثيرة مُقارنةً بالمياه المُقطَّرة؟ العدد الزائد من القطرات التي لزِمتك دليلك إلى عُسْر الماء.

كيف يعمَل الصابون

يُزيل الصابون والمُنظِّفات الأقذار الدُّهنيّة عن الأشياء لأنّ فيها أنواعًا خاصّة من الجُزيئات لها رأس وذَيل. يَنجذِبُ الرأس إلى الماء – فهو مُحِبّ للماء. أمّا الذَّيل فيَنجذِبُ إلى الأقذار الدُّهنيّة المُحيطة به. الرؤوس تَنجذِبُ إلى الماء وترتفِعُ الأقذار طافيةً وتنجرِفُ مع الماء.

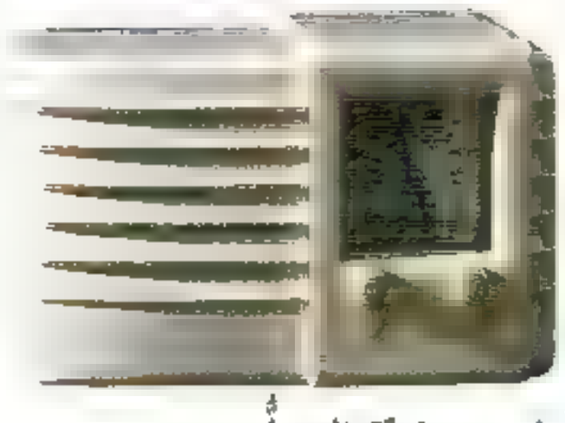


جُزيئات أذيال المنظِّف الطويلة والتي تخافُ الماء تنجذِب إلى الدُّهون العالقة بالمِلعقة.

جُسَيمات الدُّهون مُحاطة بأذيال المنظِّف. الرؤوس المُحبّة للماء الآن تشُدّ الجُسَيمات إلى الماء.

كيمياء الكَربون

الكَربونُ هو واحدٌ من أكثرِ العناصرِ انتشارًا حولنا في العالَمِ. ترتبِطُ ذرّاتُ الكَربونِ بسهولةٍ، بين بعضِها البعضِ وبعناصرَ أخرى، ولهذا فهي قادرةٌ على تشكيلِ ملايينِ المُركَّباتِ المختلفةِ. الموادُّ الكَربونيّةُ الموجودةُ في الطبيعةِ هي من التنوُّعِ بحيث تتراوَحُ من ثاني أُكسيدِ الكَربونِ في الهواءِ إلى الألماسِ، أصلَبِ مَعدِنٍ على الأرضِ. كان العُلماءُ في الماضي يَعتقِدونَ أنّ المُركَّباتِ الكَربونيّةَ كلَّها، ما عدا أبسطَها تركيبًا، لا تتشكَّلُ إلّا من كائناتٍ عُضويّةٍ. لذلك استخدَموا كلمةَ «عُضويٍّ» للإشارةِ إلى مُركَّباتِ الكَربونِ، وسُمّيَت دراسةُ المُركَّباتِ الكَربونيّةِ الكيمياءَ العُضويّةَ. لا نزالُ نَستخدِمُ تعبيرَ الكيمياءِ العُضويّةِ، مع العِلْمِ أنّ المُركَّباتِ الكَربونيّةَ الإصطناعيّةَ أصبحَت اليومَ شائعةً.



لَدائن حراريّة التصلُّب

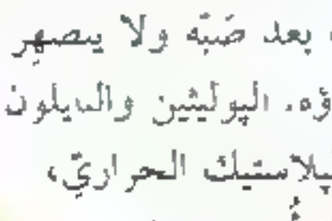
هذا الراديو القديم مَصنوع من الباكليت، وهو أوّل أنواع البلاستيك الإصطناعيّ، وقد تمَّ تطويره في العام 1907. الباكليت هو مِثال على البلاستيك الحراريّ التصلُّب، والذي يصلُب بعد صَبّه ولا ينصهِر إذا أُعيد إحماؤه. البوليثين والديلون مِثالان على البلاستيك الحراريّ، الذي ينصهِر إذا أُعيد إحماؤه. البلاستيكيّات نافعة للغاية، لكن يُمكِن أن تتسبَّب بمُشكِلة للبيئة إذ إنّ جُزيئاتها لا تتحلَّل.

عنصر الحياة

الكَربون حيويّ لكلّ الكائنات الحيّة. على سبيل المثال، يَحتوي نُسغ شجرة المطّاط (أعلاه) على مُركَّب كَربونيّ هو الإيسوبرين (C_5H_8)، وَحدة الكَوثرة في بِناء جُزيء المطّاط)، الذي يُشكِّل بلاستيكًا طبيعيًّا. شجرة المطّاط، مثلها مثل أنواع النباتات كلّها، تمتصُّ ثاني أُكسيد الكَربون (CO_2) من الهواء. وفي النبات يتّحِد ثاني أُكسيد الكَربون مع الماء لتَولِيد كَربوهيدرات، والتي هي مُركَّبات من الكَربون، والهيدروجين، والأُكسجين. الوُقُود الأُحفوريّة، مثل النَّفط والغاز والفحم الحجريّ، تُطلِقُ أيضًا غاز ثاني أُكسيد الكَربون في الهواء عند الإحتراق. الوُقُود الأُحفوريّة هي في الحقيقة مُركَّبات كَربونيّة تشكَّلَت من بقايا النباتات والحيوانات المُتحلِّلة.

أصبِغة اصطناعيّة

كان الناس دائمًا مَيّالين إلى صبْغ مَلابِسهم. لكن كان مجال الإختيار أمامهم محدودًا. كان عليهم أن يستخرِجوا الأصبِغة الطبيعيّة من النباتات والحلزون وحتّى من الحشرات. اليوم، يُعِدّ معظم الأصبِغة اصطناعيًّا، مُستخدِمين موادّ كيماويّة عُضويّة من النَّفط، فتُنتِجُ ألوانًا لا حصْر لها. الأصبِغة الإصطناعيّة هي أزهى عُمومًا وأطوَل عُمرًا من الأصبِغة الطبيعيّة.



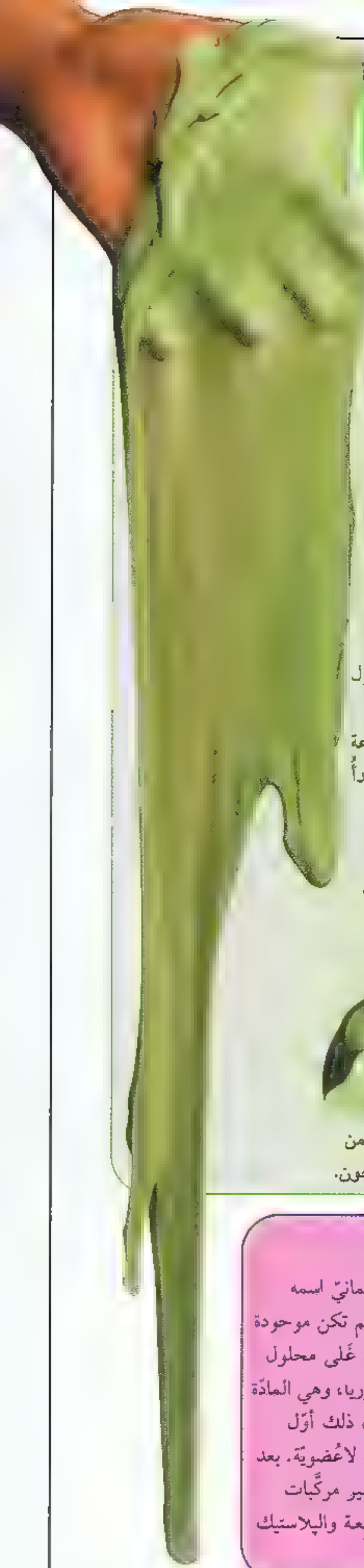
يُشكِّل مَوحود الإيثين (C_2H_4) الوحدة الأساسيّة في بلاستيك البوليثين.

سلاسل الجُزيئات

لمعظم الموادّ، مثل الماء (H_2O) وثاني أُكسيد الكَربون (CO_2)، جُزيئات صغيرة تتألَّف من عدد قليل من الذرّات. للعديد من المُركَّبات الكَربونيّة جُزيئات كبيرة ترتبِطُ ذرّات الكَربون فيها بعضها ببعض في سلسلة طويلة. يستخدِمُ الكيماويّون خاصّةً ذرّات الكَربون ليَربِطوها معًا في سلاسل طويلة يصنَعون منها البلاستيك، وهو نوع من مُركَّبات الكَربون الإصطناعيّ. يُعرَف البلاستيك أحيانًا باسْم البوليمرات، أو المَكثورات، أي الأجزاء الكثيرة. كلّ وَحدة أساسيّة تتكرَّر في السلسلة نُسمّيها مونومرًا، أو مَوحودًا، أي جُزءًا واحدًا.

ذرّات الهيدروجين مُرتبطة بسلسلة الكَربون

تُشكِّل ذرّات الكربون العَمود الفِقريّ لبوليمرات، أو مكثورات، البوليثين، وهو نوع من البلاستيك.

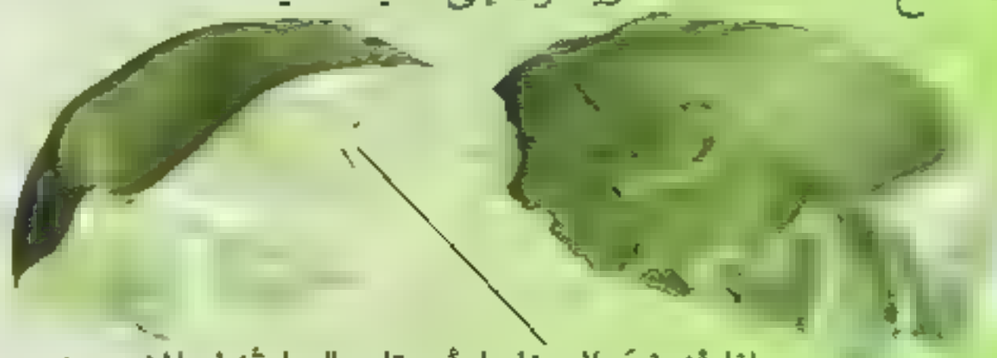


تَعال نُـجرِّب
صنْع مَطيطة پوليمرات (مَكثورات)

في صنْع البلاستيكيّات الحراريّة، مثل أَسيتات، أو حلّات، البوليڤينيل (PVA)، يُضاف عوامل ربْط مُعترِضة لمسْك البوليمرات معًا. في هذه التجربة، نستخدِمُ عامل ربْط لتَحويل أَسيتات البوليڤينيل إلى مَطيطة لطيفة. تُستخدَم أَسيتات البوليڤينيل بصورة رئيسيّة في مُستحلَب الدِّهانات، فتُشكِّل فِلْمها الواقي. وهي تُستخدَم أيضًا في صنْع الغِراء، كالغِراء المُستخدَم في هذه التجربة. العامل الذي نستخدِمه لحثّ أَسيتات البوليڤينيل تترابَط مُستعرِضةً هو البَورَق، أو بورات الصوديوم المائيّة، وهو المُستحدَم في مُيسِّر مياه غسْل الملابس. **اللوازم:** راشد مُشرِف؛ غِراء أَسيتات البوليڤينيل؛ مَسحوق البَورَق (متوافر في الصيدليّات)؛ طاس؛ مِلعَقة؛ ماء. كُنْ حَذِرًا – فالبَورَق مُضِرّ بالجِلد والعينَين. إغسِل يدَيك بعد مَسْك المَطيطة. هذه المَطيطة لا تصلُح للأكل.

1 إخلِطْ في طاس كمّيّتَين مُتساويتين من غِراء أَسيتات البوليڤينيل والماء. حَرِّك جيّدًا. صُبَّ بعض الماء في مرطبان مُستقيم وحرِّك بعقة كبيرة من البورَق في الماء. تابِعْ إضافة البَورَق إلى أن يمتنِع المزيد منه عن الإنحلال. لديك الآن محلول مُشبَع.

2 أضِفْ ملعقتَين كبيرتَين من محلول البَورَق إلى خليط أَسيتات البوليڤينيل. حرِّكِ الخليط الجديد بسرعة لتَختلِط الموادّ كلّها اختلاطًا تامًّا. يبدأُ الخليط بالغِلَظ إذ يبدأُ البَورَق عمله كعامل رَبْط مُستعرِض. يربِط البَورَق پوليمرات سلاسل أَسيتات البوليڤينيل الطويلة، فيغلُظ الخليط السائل ويتحوَّل إلى مَطيطة لطيفة.



إذا أضفتَ إلى خليط أَسيتات البوليڤينيل المزيد من محلول البَورَق، يشتدُّ الخليط ويتحوَّل إلى معجون.

فِردْريك ڤوهْلَر (1800-82)

تركيب اليوريا

في العام 1828، أنتجَ كيميائيّ ألمانيّ اسمه فُردْريك ڤوهلَر مادّة اصطناعيّة لم تكن موجودة من قبل إلّا في الكائنات الحيّة. غَلى محلول الأَمونيا وملح السَّيانيد لصنْع اليوريا، وهي المادّة الرئيسيّة في بول الحيوان. وكان ذلك أوّل مركَّب عُضويّ يُحضَّر اصطناعيًّا من موادّ كيماويّة لاعُضويّة. بعد الإكتشاف الذي قامَ به ڤوهلَر، قام العُلماء بتحضير مركّبات كَربونيّة عديدة اصطناعيًّا، بما فيها الدِّهان والأصبِغة والبلاستيك والمُنكِّهات والمُنظِّفات والأدوية.

بلاستيك مُركَّب

د يقفِزُ هذا الواقِيَ، تَشي راكته لكنّها لا تكسر. الزانة مصنوعة من الزُّجاج الليفيّ، وهو وع من البلاستيك الذي نُسمّيه مُركَّبًا. يحتوي لزُّجاج الليفيّ على ألياف زُجاجيّة تُقوّي لبلاستيك، جاعلةً إيّاه متينًا للغاية ومَرِنًا وخفيف الوزن. تستخدِمُ مُركّبات أخرى ألياف لكربون لزيادة المتانة والمُرونة.

الكربون يَحمي أجزاء مكّوك الفضاء المعرَّضة للحرارة الفائقة.

كَربون مُقاوِم للحرارة

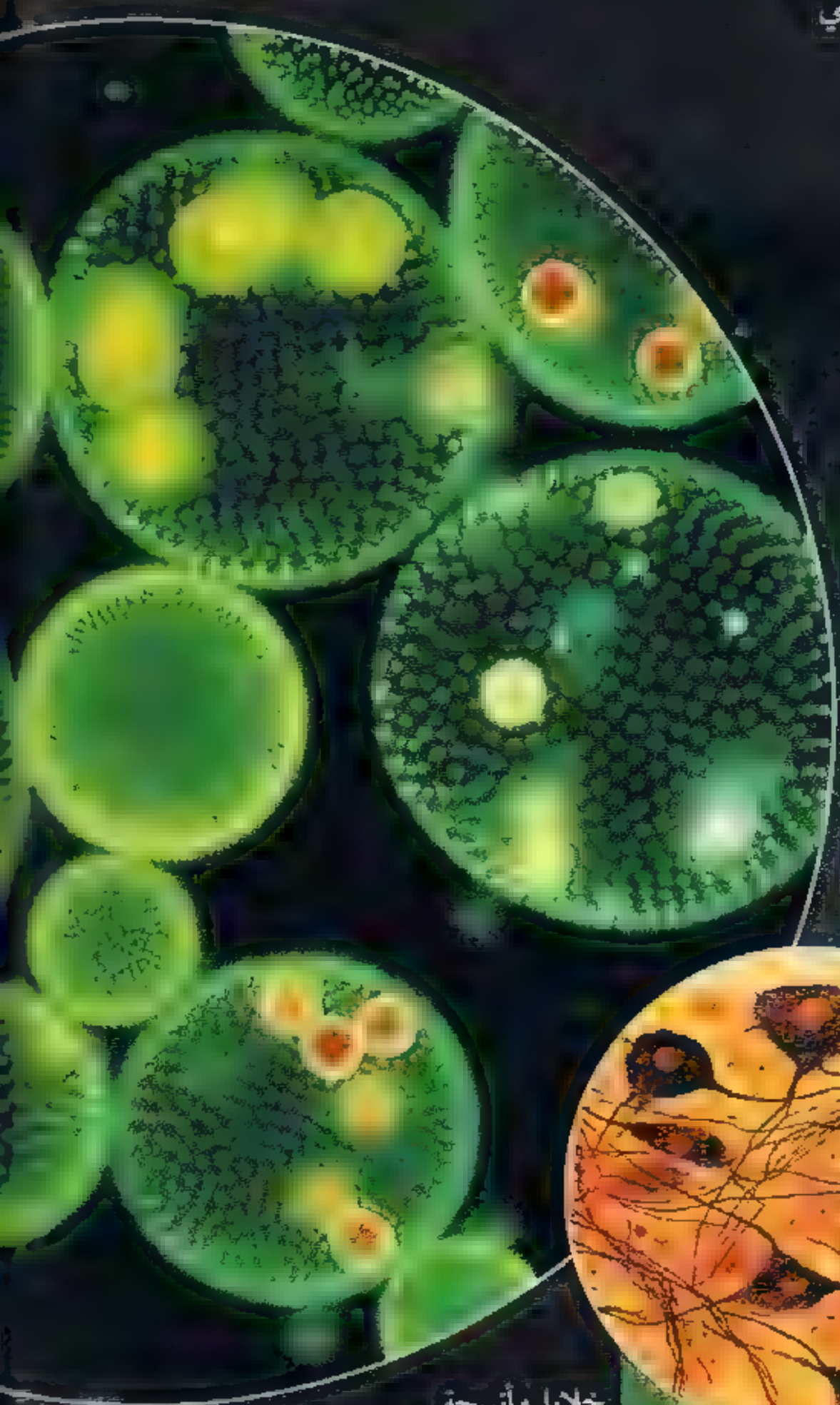
لكَربون نُقطة انصهار عالية جدًّا هي 3500°س، وهو ما يجعَلُه مادّة مِثاليّة صامِدة للصَّهر، أو لمُقاوَمة الحرارة. في الصِّناعة، يُستخدَم الكَربون في صُنْع الأوعية التي تُصَبّ فيها المعادن الفِلِزّيّة المُنصهِرة. مُقدِّمة مكّوك الفضاء وجَناحاه مُغلَّفان بالكَربون لمُقاوَمة الحرارة العائقة التي يواجِهها المكّوك عند دُخوله جوّ الأرض.

عِلم الحياة

يعجّ كوكبُنا بالحياة. نعرف ملايين الأنواع من النباتات والحيوانات والكائنات الحية الأخرى، مثل البكتيريا والفطور. لهذه الكائنات المتعضية كلّها خواصّ معيّنة مشتركة. فهي تستخلِص مما حولها موادّ مغذية، وتستحصِل من تلك الموادّ على طاقة، وتتخلّص من الفضلات، وتتكاثر. أشكال الحياة كلّها تتركّب من خلايا – من أصغر حشرة إلى أضخم شجرة. الخلايا هي حجارة البناء في الكائنات الحية وهي أشبه بمعامل كيماوية دقيقة، تنتج المواد التي تشغّل تلك الكائنات.

حياة وحيدة الخلية

أبسط أشكال الحياة يتمثّل في متعضيات وحيدة الخلية. تتشكّل متعضيات الطحالب، أو الأشنات، الشبيهة بالنباتات من خلايا مفردة لكلّ منها نواة. تحتوي الطحالب، مثلما تحتوي النباتات، على مادة الكلوروفيل، أو الخضراء، وهي مادة حيوية تمكّن تلك الكائنات من الحصول على غذائها بواسطة ما يعرف بالتمثيل الضوئي. تتشكّل الطحالب الدقيقة المعروفة باسم فولفوكس (أدناه) من مستعمرات مخلخلة من خلايا بسيطة تصطفّ مئات الخلايا البسيطة المتماثلة على ظاهر كرات مستديرة.



خلايا وأنسجة

تتركّب الكائنات الحية الأكثر تعقيداً من العديد من أنواع الخلايا. يحتوي جسم الإنسان على ما يزيد عن 200 نوع منها. خلايا الإنسان العصبية (أعلاه – إلى اليمين) أشبه بكبلات تصل مختلف أجزاء الجسم باللمّاع وبالنُّخاع الشوكي. تتجمع الخلايا مشكّلةً أنواعاً مختلفة من الأنسجة، بحسب الوظيفة التي تؤديها.

تعالَ نجرِّب

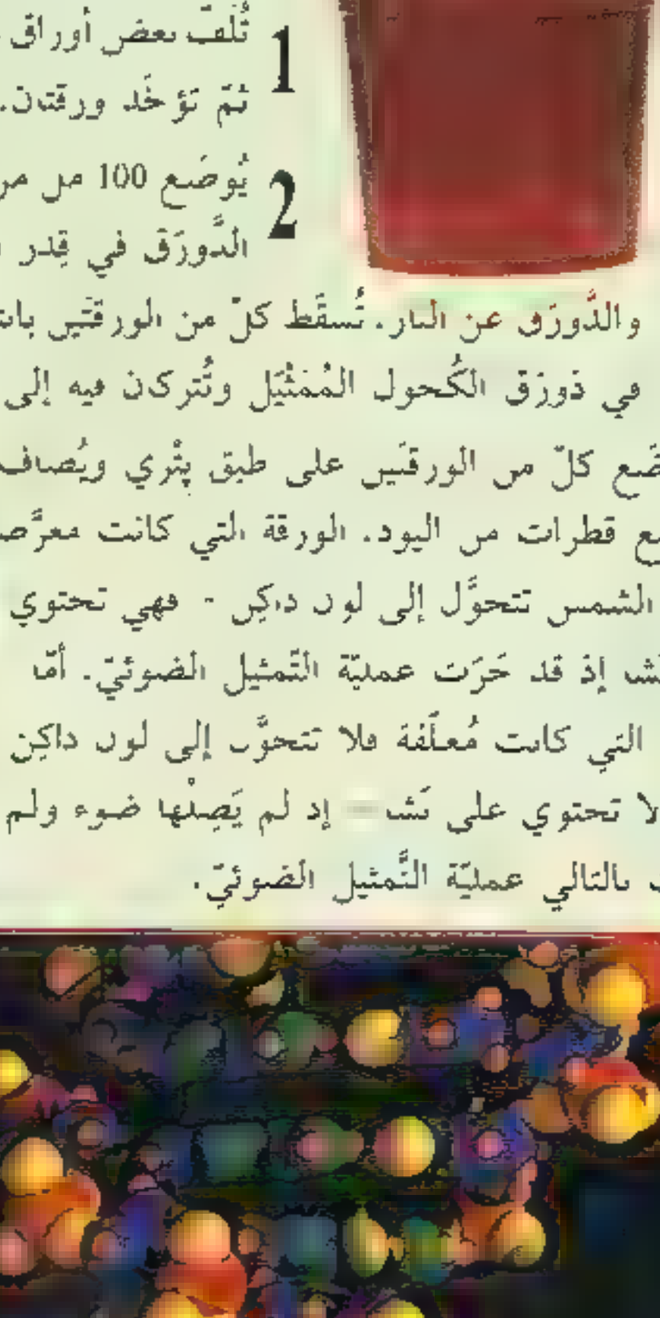
كيف تُخلَق، أو تصنَع، النباتات غِذاءها

التَّمثيل الضوئيّ، أو التَّخليق الضوئيّ، هو العمليّة التي تستخدِم فيها النباتات الخضراء طاقة الشمس لتصنَع غِذاءها من الماء وثاني أُكسيد الكَربون. يُخزَن الغِذاء في الأوراق على شكل مادّة نَشويّة. تُري هذه التجربة كيف تحتاجُ النباتات إلى ضوء لتصنَع غِذاءها، باستخدام اليود لِاختبار النَّشا. ينبغي أن تتِمَّ التجربة في مُختبَر وبإشراف راشد، إذ إنّ الكُحول المُمَثَّيل مادّة سريعة الإشتعال. **لوازم التجربة**: نبات؛ كُحول مُمَثَّيل؛ طبق ساخن؛ قِدْر؛ محلول يود؛ قطّارة؛ وَرَق مُقاوم للحرارة؛ مِقصّ؛ رقعة بلاستيك سوداء؛ شريط لاصِق؛ طبق بِتْري؛ مِلقَط.

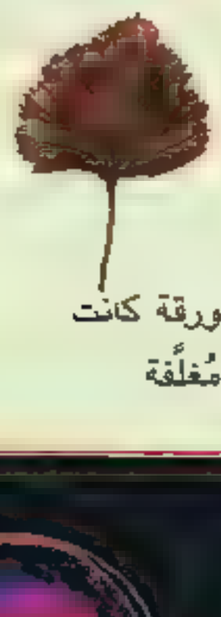
1 تُلَفّ بعض أوراق النبت بورق بلاستيك أسود وتُترَك في الضوء يومَين. ثمّ تؤخَذ ورقتان. واحدة كانت مُعلّفة والأخرى لم تكن مغلّفة.

2 يُوضَع 100 مل من الكُحول المُمَثَّيل في وَرَق مُقاوم للحرارة. يُوقَف الوَرَق في قِدر ماء ويُسخَّن إلى أن يغلي الكُحول. يُبعَد القِدر والوَرَق عن النار. تُسقَط كلّ من الورقتَين بانتباه، وبواسطة مِلقَط، في الماء العالي لمدّة دقيقة، ثمّ في وَرَق الكُحول المُمَثَّيل وتُتركان فيه إلى أن يَبيضّ لونهما.

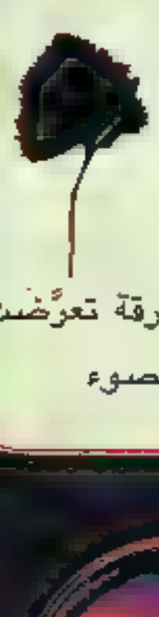
3 تُوضَع كلّ من الورقتَين على طبق بِتْري ويُضاف نصف قطرات من اليود. الورقة التي كانت معرَّضة لضوء الشمس تتحوَّل إلى لون داكِن - فهي تحتوي على نَشا إذ قد حَرَت عمليّة التَّمثيل الضوئيّ. أمّا الورقة التي كانت مُعلّفة فلا تتحوَّل إلى لون داكِن لأنّها لا تحتوي على نَشا - إذ لم يَصِلْها ضوء ولم تحدُثْ بالتالي عمليّة التَّمثيل الضوئيّ.



ورقة عاديّة



ورقة كانت مُغلّفة

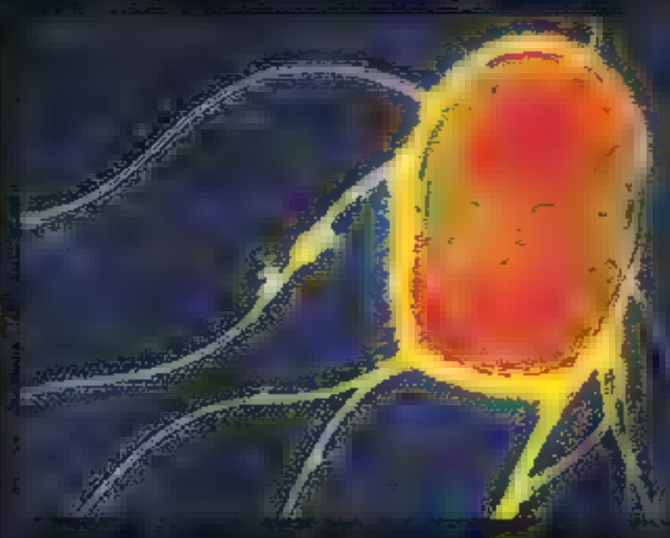


ورقة تعرَّضت للضوء

الغدة النُّخامية

الكيمياء البشرية

تحدُث في أجسامنا طوال الوقت تفاعلات كيميائيّة. يحدُث في خلايانا تأكسد إذ يتّحِد أكسجين الهواء الذي نتنفّسه مع الكربون الذي يكون في ما نأكُله من طعام. هذا الاتّحاد يولّد الطاقة التي نحتاجُ إليها لنحيا. وفي عمليّة الهضم، تساعِد الأنزيمات الكيميائيّة في تحطيم الطعام وتحليله ليتمكّن الجسم من امتصاص الغذاء منه. تنتِج غددنا هرمونات، وهي حامِلة رسائل تساعِد في التحكّم بالجسم. الغدّة النُّخامية هي "مركز قيادة" الهرمونات في الجسم. الهرمونات التي تنطلِق من هنا تكون قادرة على توجيه عمل غدد أخرى منتِجة للهرمونات.



البكتيريا

بكتيريا السلمونيلا هذه المكبّرة كثيرًا، يمكن أن تسبّب تسمّم الطعام. البكتيريا هي أوسع أشكال الحياة انتشارًا على الأرض. في جسم كل منا وحده البلايين منها. وهي شكل بسيط جدًا من أشكال الحياة، يتشكّل عادة من خليّة واحدة، لا نواة لها.

نموذج لقسم قصير من د ن أ (DNA) بشري

د ن أ (DNA)

في داخل نواة خلايا الجسم جزيء بالغ الأهمية يعرف باسم د ن أ أي الحامِض النووي الرّيبي المنقوص الأكسجين. يحمِل الـ د ن أ التعليمات الكيماوية كلّها التي تعلِم الخلايا بما عليها أن تفعل، مثلاً، كيف تصنع البروتينات التي تحافِظ على الجسم حيًا وتجعله ينمو. يوجد الـ د ن أ على شكل حزم خيطيّة الشكل تسميها كروموسومات. للبشر عادة 23 زوجًا من الكروموسومات، وهي تحمِل الخصائص أو المورثات، التي تجعل الإنسان مختلفًا عن كل إنسان آخر في العالم.

القوى والطاقة

الصورة: الكُرة التي تقذفها عصا البلياردو تصدِم كومة الكُرات الأخرى فيتحوَّل إلى تلك الكُرات ما فيها من طاقة.

القوى والطاقة

الطاقة من حولِنا وحوالينا – تتدفّقُ علينا من الشمسِ على شكلِ حرارةٍ وضوءٍ. وهي مختزَنةٌ في وَقُدِنا وتنطلِقُ باحتراقِها. نستخدِمُ أشكالاً عديدةً من الطاقةِ بطُرقٍ مختلفةٍ كثيرةٍ – على سبيلِ المثالِ، لتدفئةِ المنازِلِ، وتشغيلِ المكِناتِ، وإطلاقِ سوابرِ الفضاءِ إلى عوالِمَ بعيدةٍ. كلّما استخدمنا طاقةً لإحداثِ شيءٍ، يكونُ للقوى عملُها. يمكِنُ أن ننظُرَ إلى القوى باعتبارِها وسائلَ تُعمِلُ بها الطاقةَ. فهي الدفعُ والجرُّ اللذانِ يُحرّكانِ الأشياءَ. من غيرِ الطاقةِ والقوى لا يحدُثُ شيءٌ في عالمِنا ولا في أيِّ بُقعةٍ أخرى من الكونِ.

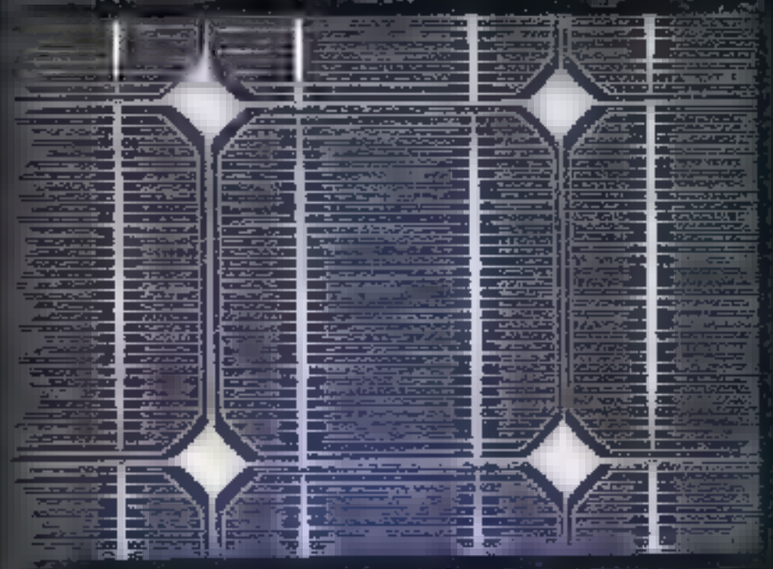
مصادر الطاقة

توفِّرُ لنا الطاقةَ في حياتِنا اليوميةِ ثلاثُ موادَ رئيسيةٍ: النفطُ والغازُ الطبيعيّ والفحمُ الحجريّ. وهذه وقودٌ نحرقُها لتُنتِجَ لنا طاقةً. نسميها وَقُداً أحفوريةً لأنّها بقايا نباتاتٍ وحيواناتٍ ميتةٍ قديمةٍ. نمَتْ هذه المتعضياتُ باحتباسِ الطاقةِ من الشمسِ، وعندما ماتَتْ ظلّتْ هذه الطاقةُ مختزَنةً فيها. اليومَ، بدأْنا بتسخيرِ الطاقةِ الشمسيةِ مباشرةً، مع الألواحِ الشمسيةِ والخلايا الشمسيةِ. الطاقةُ الشمسيةُ مصدرٌ للطاقةِ لا ينفَدُ، وهو ما نسميه مصدراً متجدداً. يطوّرُ العلماءُ والمهندسونَ مصادرَ طاقةٍ متجدّدةً أخرى لتوفيرِ الطاقةِ للعالمِ بعدَ نفادِ الوَقُدِ الأحفوريةِ. وهذه تشتمِلُ على تسخيرِ قوى الريحِ والماءِ والأمواجِ.

محطاتُ الطاقةِ النوويةِ، مثلُ هذه المحطةِ في فرنسا، تُسخِّرُ الطاقةَ المحتبسةَ في الذرّاتِ.

تحويل الطاقة

يمكِنُ تحويلُ الطاقةِ من شكلٍ إلى آخرَ. تخزُنُ طاقةَ الوَقُدِ في المواد الكيماويةِ التي تحتويها تلك الوَقُدِ. عندما نحرقُها، تحلّلُ المولّدُ الكيماويةَ فتنطلِقُ الطاقةُ المختزَنةُ على شكلِ حرارةٍ. الطاقةُ الكيماويةُ تحوّلَتْ إلى طاقةٍ حراريةٍ. بإمكانِنا أن نستخدِمَ الطاقةَ الحراريةَ لغلْيِ الماءِ وتحويلِه إلى بُخارٍ، ومن ثَمّ استخدامِ البُخارِ لتدويرِ توربيناتٍ. تحوّلَتِ الطاقةُ الحراريةُ إلى طاقةٍ ميكانيكيةٍ – طاقةِ حركيةٍ. بالمُقابلِ، بإمكانِنا أن نستخدِمَ التوربيناتِ لتشغيلِ مولّدٍ يُنتِجُ الكهرباءَ. الطاقةُ الميكانيكيةُ تحوّلَتْ إلى طاقةٍ كهربائيةٍ. بإمكانِنا الآنَ أن نعودَ فنحوّلَ الكهرباءَ إلى أشكالٍ أخرى من الطاقةِ – إلى طاقةٍ ميكانيكيةٍ أو طاقةٍ كيماويةٍ أو طاقةٍ حراريةٍ.



خلايا هذا اللوحِ الشمسيّ تحوّلُ الطاقةَ الضوئيةَ إلى كهرباءَ.

الطاقةُ الكيميائيةُ في صواريخِ الألعابِ الناريةِ تنفجِرُ على شكلِ ضوءٍ وصوتٍ وحرارةٍ.

جدول زمني

نحو 370 ق.م
الفيلسوف اليوناني أرسطو يقول أن الأجسام الساقطة تسقط بسرعة أكبر من الأجسام الخفيفة

نحو 250 ق.م
الرياضي اليوناني أرخميدس يدرس الآلات البسيطة مثل الروافع والبكرات

نحو 100 ق.م
المهندس الروماني فيتروفيوس يطوّر ناعورة أو دولاب ماء

1590
العالم الإيطالي غاليليو يدرس أن الأجسام الساقطة تسارع بمعدل ثابت، وأن الأجسام الثقيلة والخفيفة تسقط بسرعة واحدة ويكتشف بعد ذلك قوانين البندول أو النواس

1687
الفيزيائي الإنجليزي والرياضي إسحق نيوتن يصوغ قوانين الحركة وقانون الجاذبية

لتشغيل المكنات؛ إلى حرارة كما في المدافئ الكهربائية؛ أو إلى ضوء كما في اللمبات الكهربائية.

بقاء الطاقة

يكاد أن يكون من الممكن تحويل أنواع الطاقة كلها إلى أشكال أخرى بطريقة مشابهة. لكن عندما يتحوّل شكل من أشكال الطاقة إلى شكل آخر، تبقى كمية الطاقة الإجمالية هي نفسها. كمية الطاقة بعد التحوّل تبقى هي نفسها التي كانت قبله. الطاقة لا تتولد من لا شيء ولا تفنى. وهذا يقودنا إلى واحد من قوانين الطبيعة، قانون بقاء الطاقة، وهو القانون الذي يقول إن الطاقة لا تتولّد ولا تفنى بل هي تتحوّل من شكل إلى آخر. قد نقول إن هذا القانون لا يبدو أنه ينطبق على التفاعلات النووية، حيث يبدو أن كميات كبيرة من الطاقة قد تولّدت. لكن ذلك يحدث لأن بعض المادة قد تحوّل إلى طاقة. تكافؤ، أو تعادل، الكتلة والطاقة – وهو أنهما وجهان للشيء نفسه – تفسره نظرية النسبية التي وضعها أينشتاين.

القوى والحركة

نستخدم الطاقة بأشكالها المختلفة لإحداث أشياء في عالمنا – لتشغيل مكنة، لتدوير عجلة، لقذف كرة. كلما استخدمنا طاقة، يكون للقوى دور. القوى تحرّك الأشياء وتغير من اتجاه حركتها. العلم الذي يتناول القوى المؤثرة في الأجسام المتحركة يتلخص في ثلاثة قوانين. هذه القوانين تشكل أسس فرع في الفيزياء تسميه الميكانيكا، وهو العلم الذي يتناول طرق تحرك الأجسام وأثر واحدها في الآخر. قوانين الحركة عموما تنطبق على الأجسام المتحركة كلها في حياتنا اليومية، من تصادم كرات البلياردو إلى تسارع صواريخ الفضاء في اتجاه مضاد لشد الجاذبية الأرضية. لكن هذه القوانين لا تنطبق على الذرات.

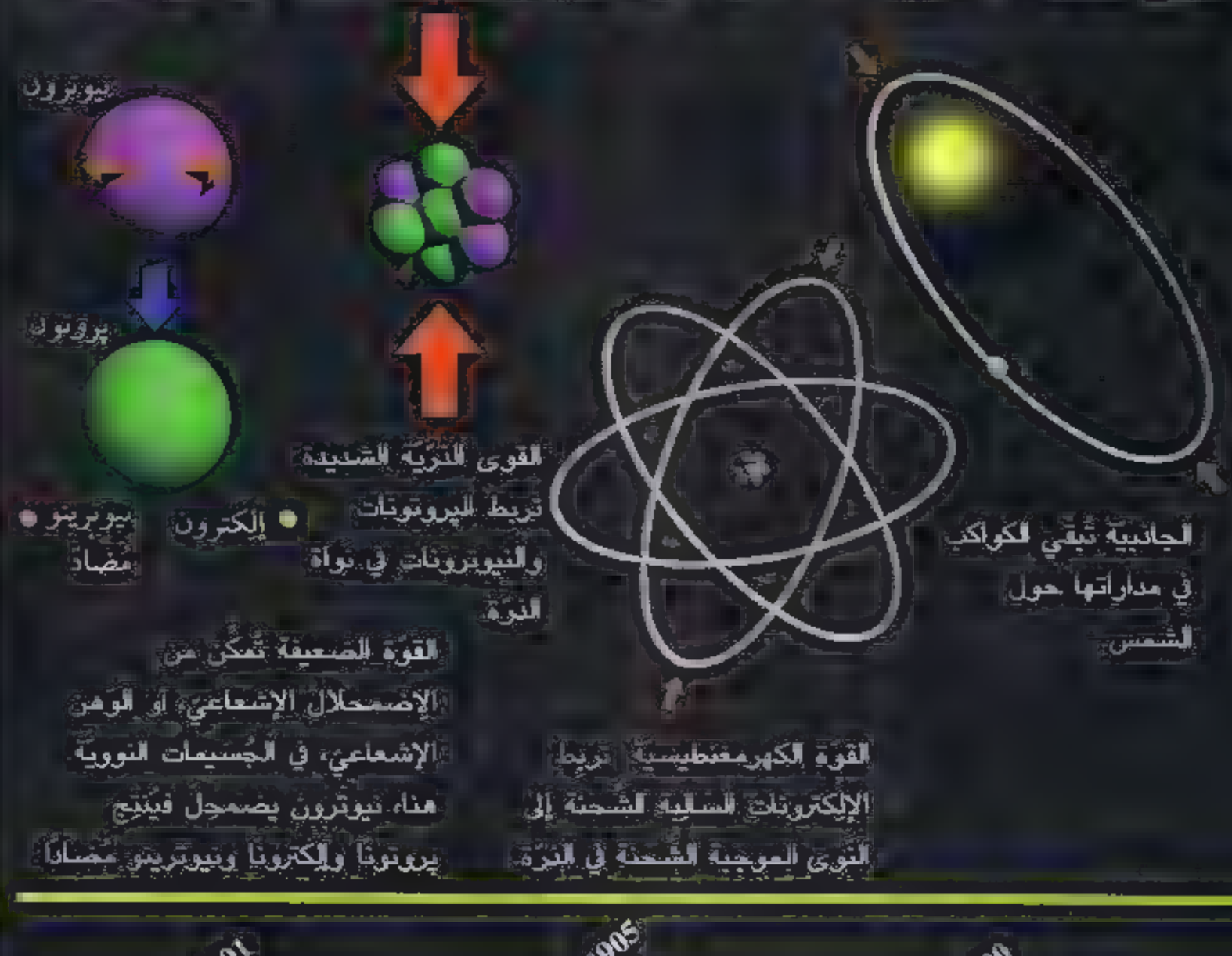
قطار الملاهي تشغله قوة الجاذبية فيزداد سرعة في انحداره.

قوى أساسية

ليست الجاذبية وقفا على كوكب الأرض. فهي تحدث في مختلف أرجاء الكون. للشمس والنجوم الأخرى جاذبيتها، وللمجرات جاذبية. لكل ما له كتلة جاذبية. في الواقع الجاذبية هي قوة أساسية في الكون، يصل تأثيرها إلى مسافات شاسعة. وهي واحدة من أربع قوى أساسية في الطبيعة. الثلاث الأخرى هي القوة الكهرمغنطيسية، القوة الشديدة والقوة الضعيفة. هذه القوى الثلاث الأخيرة تكون مؤثرة ضمن مسافات قصيرة. القوة الكهرمغنطيسية تتسبب في التفاعل الكهربائي والمغنطيسي بين الأجسام. على سبيل المثال، فهي تتسبب بتجاذب الشحنتين الكهربائيتين المتضادتين أو القطبين المغنطيسيين المتقابلين. القوتان الأخريان تؤثران فقط في نواة الذرة. القوة الشديدة تعمل بين الجسيمات النووية وتربطها بعضها ببعض. وهناك أيضا القوة الضعيفة التي تمكن الجسيمات النووية من التغير وتساعد في تفسير كيف يمكن للذرة أن تصبح مشعة.

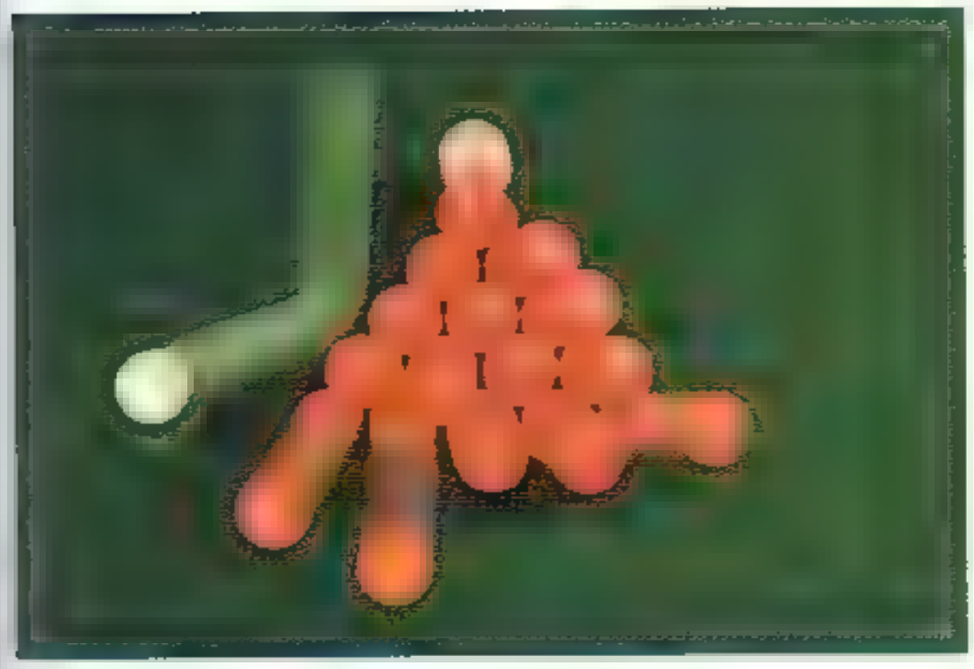
ميكانيكا الكم

لا تنطبق قوانين الميكانيكا اليومية على ما في داخل الذرة. الجسيمات يؤثر بعضها ببعض فتتحرك بطرق مختلفة عما رأيناه في حركة كرات البلياردو. يعرف العلم الذي يهدف إلى وصف سلوك الجسيمات داخل الذرة بعلم ميكانيكا الكم، أو ميكانيكا الجسيمات الدقيقة. وهو ينطلق من أن الطاقة في المستوى الذري تأتي في شكل كميات صغيرة، هي أصغر مقدار من الطاقة يمكن أن يوجد مستقلا. وهو يعتبر أن الجسيمات تسلك أحيانا سلوك موجات.



القوى والحركة

عندما تضعُ كُرةً على أرضٍ مُستويةٍ وتترُكُها هناك، تبقى الكُرةُ حيث هي. وهي لا تتحرَّكُ من مَوضِعِها إلّا إذا وَقَعَت عليها قوّةٌ كأنْ تركُلَها. عندئذٍ تبدأُ بالحركةِ ولا تتوقَّفُ إلّا حين تَقَعُ عليها قوّةٌ أخرى كأنْ تصطدِمَ بحائطٍ. ما يحدُثُ للكُرةِ هو نتيجةُ واحدٍ من أهمِّ قوانينِ الفيزياءِ، والذي كان أوّلَ من وصَفَه، قبل ما يزيدُ على 300 عامٍ، العالِمُ الإنجليزيُّ إسحق نيوتُن. لَخَّصَ نيوتُن آراءَه حول القوى والحركةِ في قوانين ثلاثةٍ. يُدعى القانونُ الأوّلُ أحيانًا بقانونِ العَطالةِ، أو قوّةِ الإستمرارِ. العَطالةُ هي خاصّةُ المادّةِ التي تجعَلُ الجسمَ – وهو في المثلِ الذي أوردناه كرةٌ – يقاوِمُ التغيُّرَ في الحركةِ.



العَطالة

في بداية لُعبة البلياردو، تُجمَّع الكُرات الحمر على شكل مُثلّث. إذا تُرِكَت وشأنها، لا تتحرَّك لأنّ عطالتها تُبقيها حيث هي وتظلّ كذلك إلى أن تنطلقَ الكُرة الصارية وتُصيبها مولِّدة قوّة تُمكِّنها من الحركة. الكُرة الصارية تتحرَّك بخطّ مُستقيم إلى أن تعملَ بها قوّة أخرى – وهي قوّة الإصطدام بكُرة أخرى.

الكُتلة وكمّيّة التحرُّك

حالَما يبدأ الجسم حركته، يكون له طاقة حركيّة. كمّيّة هذه الحركة، أو زخمها، مُساوية لكُتلتها مضروبة بالسرعة. فكلّما زادت كُتلة الجسم (ثقله) وزادت سرعته تكون كمّيّة تحرُّكه أكبر. إنّ سيّارة مُتحرِّكة كمّيّة تحرُّك كبيرة، وعندما تصطدِمُ بشيء، تسعى كمّيّة تحرُّكها أن تحفّزها تُتبع الحركة. في الاصطدام قد تتولّد قوى كبيرة تحفّز تدمير السيّارة الفولاذيّ وتدفع رُكّابها إلى الأمام. لهذا السبب يتوجّب أن يصنع رُكّاب السيّارات أحزمة الأمان.

إسحق نيوتُن (1727-1642)

قوانين نيوتُن للحركة

يقولُ قانون نيوتُن الأوّل، تبسيطًا، إنّ الجسم لا يُسرِع أو يُبطئ إلّا عندما تعمَل عليه قوّة. وفي القانون الثاني أنّ تسارُع الجسم يتوقّف على كُتلته ومِقدار القوّة العامِلة. وفي القانون الثالث أنّ كلّ قوّة عاملة تُقابلها قوّة مُساوية مُصادّة (في الإتّجاه المُعاكس).

تعال نجرِّب

العَطالة

بإمكانك، مُستعينًا بمبدأ العَطالة، أن تسحَب مِفرَش المائدة من غير أن تلمِس ما عليه من أجسام. **اللوازم:** راشد مُشرِف؛ مِفرَش مائدة؛ أوعية طعام بلاستيكيّة. لا تستخدِم أطباق الصينيّ!

1 ضع المِفرَش على المائدة وضع عليه أوعية الطعام. امسِك طرف المِفرَش بكلتا يديك واسحَبه بسرعة أفقيّة.

2 بشيء من التمرين سيكون بإمكانك أن تسحب المِفرَش تاركًا الأوعية في مكانها فالعَطالة تُوقِفها عن التحرُّك مع المِفرَش.

فعل وردّ الفِعل

محرّكات الصّواريخ مثل صواريخ سترْن 5 القمريّة علاه) تعمَل وَفق قانون نيوتُن الثالث للحركة. حترق الوَقود داخل حُجرة الاحتراق فتولّد غازات ساخنة، وهذه الغازات تندفع إلى الوراء خارجةً من فُتحة الصاروخ بسرعة هائلة. إندفاع غاز خارجًا يولّد ردّ فعل (أي قوّة مُساوية في اتّجاه المُعاكِس) يدفَع الصاروخ إلى الأمام. وقد بدأ استخدام مُحرّكات صَواريخ جديدة تدسر أيونات (حُسَيمات مشحونة) لا غاز ساخن. هذا النوع من المُحرّكات يعمَل أيضًا وَفق مبدأ نيوتُن الثالث والمتعلّق بالفِعل وردّ الفِعل.

تَعال نـجرِّب
بناء صاروخ

بإمكانك أن تصنَع صاروخًا ينطلِق بالماء مُستخدِمًا قِنّينة بلاستيكيّة. **اللوازم:** راشد مُشرِف؛ قِنّينة بلاستيكيّة صغيرة؛ رُقعة كبيرة من الورق المُقوّى؛ مِقَصّ؛ غِراء للورق؛ غِراء قويّ؛ مِثقَب؛ فِلّينه؛ وُصلة مُهايئة لإبرة نفْخ كُرة القدم؛ قُفّاز مطّاطيّ قديم؛ ماء؛ مِنفاخ قدم؛ طرف تَوصيل.

1 إسأل راشدًا أن يثقُب فُتحة في الفِلّينة. أدخِل الوُصلةَ المُهايئة لإبرة النفْخ في الفُتحة لتكنِ الفِلّينة مزوزة في فُتحة القِنّينة بإحكام يُمكِن عند اللُّزوم لفّ الفِلّينة بطبقة من قطعة قُمّار مطّاطيّ قديم.

2 أَعِدّ من الورق المُقوّى زَعانف. وهذه تدعَم قاعدة الصاروخ وتُساعِد في طيرانه متوازنًا. فصِّلْ من الورق المُقوّى شكل زِعنِفة، واجعَل لها سِدلة في الأعلى وأخرى في الوسط لتُلائم قِنّية مقلوبة. واتّخِذ من هذه الزّعنِفة نموذجًا تُفصِّل على أساسه الزّعنِفتَين الأخريَين. فصِّلْ زَعانف صغيرة تُقوّي بها الزعانف الكبيرة وألصِقْها عليها. إسألْ راشدًا أن يُخرّي الزعانف الكبيرة حول القِنّينة بغِراء قويّ موزّعًا إيّاها على مسافات مُتساوية.

3 إملأ القِنّية بالماء إلى رُبعها، وسُدَّها بالفِلّينة. ثمّ صِلْ مِبضع لقدم والوصلة المُهايئة. صاروخك الآن أصبحَ جاهزًا للإنطلاق. إحمِلْه إلى الخارج، بعيدًا عن المباني وكبلات الكهرباء، وأوقِفْه على زَعانفه فوق سطح مُستوٍ.

4 إجعل بينك وبين الصاروخ مسافة، وابدأ بضْخ الهواء بالقِنّية على مهل مُستخدِمًا مِبضخ القدم. يَتنامى ضغط الهواء داخل القِنّينة إلى أن تَتفلّت الفِلّينة خارجًا. يندفِعُ الماء والهواء خارجَين بسرعة كبيرة، مُتسبّبَين باندفاع الصاروخ في الهواء. فِعل اندفاع الماء والهواء مُتفلّتَين من الجهة الخلفيّة للصاروخ وَلّد ردّ فِعل في الاتّجاه المُعاكِس، هو الذي دفَعَ الصاروخ صُعودًا. هذا مثل على قانون نيوتُن الثالث.

إطلاق! يرتفِع الصاروخ بفِعل اندفاع الماء والهواء من فُتحته الخلفيّة.

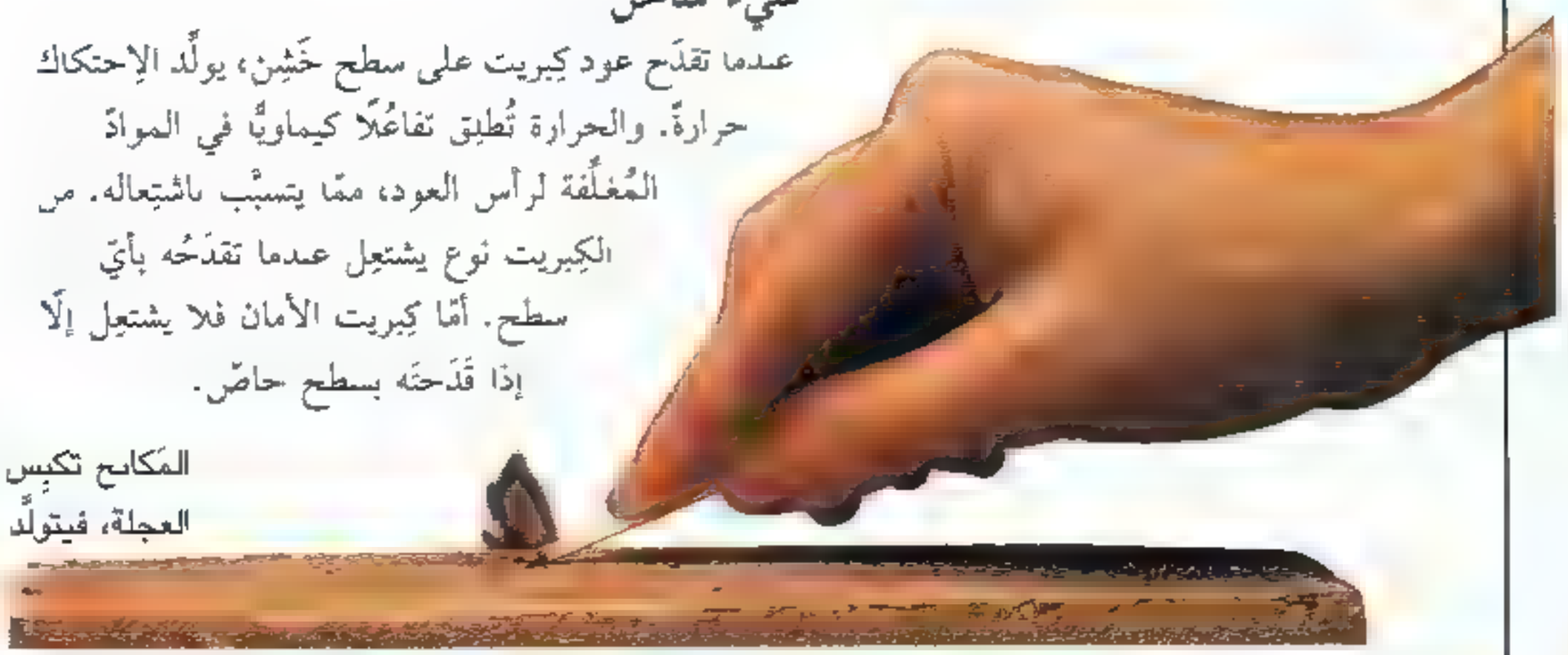
الزعانِف تدعَم الصاروخ وتُمكّن من وقوفه ثابتًا على مِنصّة الإطلاق.

الِاحتكاك

إذا وَضَعتَ كُتلةً من الخشبِ على الأرض ودَفَعتَها، لا تُوصِلْها دفعتُك بعيدًا وسُرعانَ ما تتوقَّفُ. لا بُدَّ أنّ قوّةً قد أوقفَتها، وإلّا لاستمرَّت في التحرُّكِ إلى ما لا نهاية. حركةُ كُتلةِ الخشبِ أَوقفَها الِاحتكاكُ، وهو قوّةٌ تعمَلُ بين أيِّ سطحَينِ يَحتكُّ أحدُهما بالآخرِ. كلّما زادَت خُشونةُ السطحَينِ، كان الِاحتكاكُ أعظمَ، لأنّ التُّتوءاتِ فيهما تُداوِمُ الإمساكَ بعضُها ببعضٍ. الِاحتكاكُ يولِّدُ طاقةً حراريّةً. لذا نحن نفرُكُ أيدينا في الأيّامِ الباردةِ لندفأَ.

شيء ساخن

عندما تقدَح عود كِبريت على سطح خَشِن، يولِّد الِاحتكاك حرارةً. والحرارة تُطلِق تفاعُلًا كيماويًّا في الموادّ المُغلِّفة لرأس العود، ممّا يتسبَّب باشتِعاله. من الكِبريت نوع يشتعِل عندما تقدَحُه بأيّ سطح. أمّا كِبريت الأمان فلا يشتعِل إلّا إذا قَدَحتَه بسطح حاصّ.



المَكابح تكبِس وِسادة تَخميد على حافّة العجلة، فيتولَّد احتكاك يُبطئ العجلة.

تَعال نُجرِّب

صنْع حوّامة صغيرة

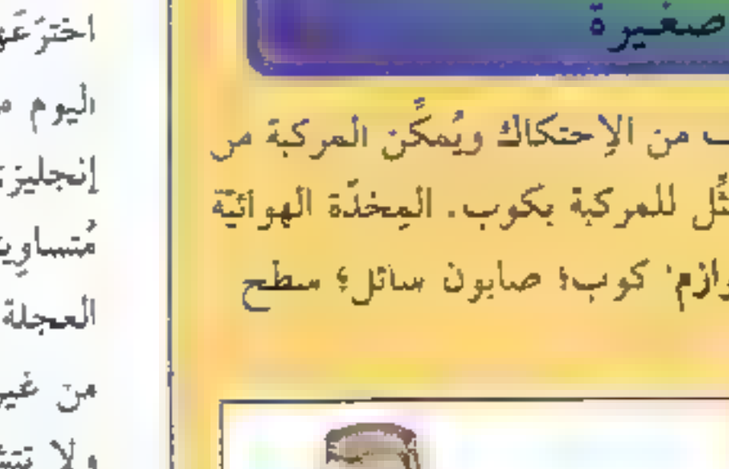
الحَوّامة تَستند إلى «مِخدّة» هوائيّة. هذا يُخفّف من الِاحتكاك ويُمكِّن المركبة من الِانطلاق بسرعة كبيرة. في هذه التجربة، نُمثِّل للمركبة بكوب. المِخدّة الهوائيّة يوفِّرها هواء ساخن يتفلَّت من الكوب. **اللوازم:** كوب؛ صابون سائل؛ سطح صقيل (صينيّة مثلًا).

1 إغسِل الكوب بماء صابونيّ ساخن وصبّه مقلوبًا رأسًا على عَقِب على سطح صقيل مَدلول.

2 إدفَع الكوب دفعة خفيفة. يتزلّق الكوب بسهولة إذ يتفلَّت الهواء الدافئ من تحته.

حوّامة

في الحَوّامة، تدفَع مِروَحة قويّة الهواءَ إلى ما تحت بَدَن المركبة لتوليد مِخدّة هوائيّة. وتُساعِد حاشية مَرِنة حول مُحيط المركبة على منْع هواء المِخدّة من التسرُّب خارجًا. تدفَع المركبة مَراوحُ مُدوَّمة في جانبها الخلفيّ. وتوجِّهها سِدَل متحرِّكة تعترِض طريق التيّار الهوائيّ الآتي من المَراوح.

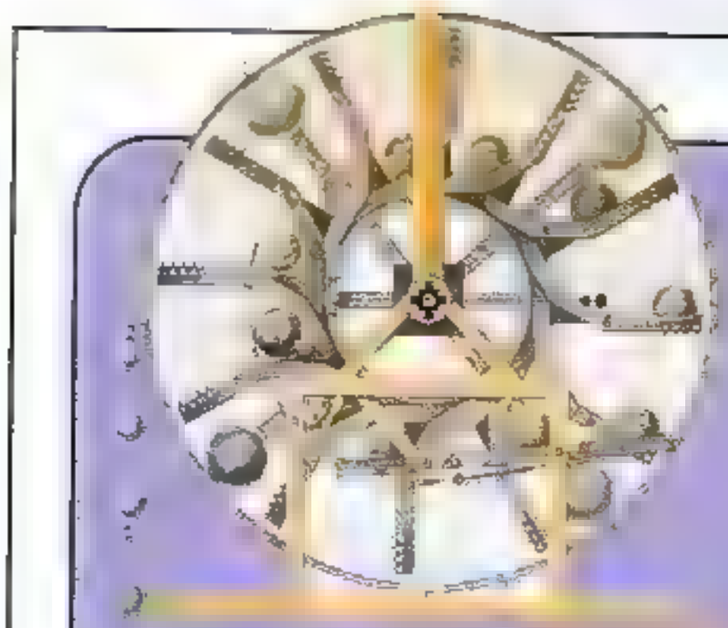


الشَّحم يُقلِّل من الِاحتكاك في مَحامل العجلات ويُمكِّنها من الدوَران بسهولة.

مَداس إطار العجلة يُمكِّن من تفلُّت الماء تحت الإطار. طبقة الماء تُقلِّل من الِاحتكاك، لكنّها تُصعِّب على الإطار عمليّة التشبُّث بالطريق.

على الدرّاجة!

الدرّاجة الهوائيّة واحدة من أكثر المَكِنات التي اخترَعَها الإنسان كفاءةً أداء. تطوَّرَت إلى ما نَعرِفه اليوم من درّاجة أمان بدائيّة اخترَعَها رجُل إنجليزيّ اسمه جون سْتارْلي. كان لها عجلتان مُتساوِيتا القُطر، وذِراعا تَدوير، وسلسلة تُشغِّل العجلة الخلفيّة. الِاحتكاك يتحكَّم بعمل الدرّاجة. من غير احتكاك، لا تتشبَّث العجلتان بالأرض ولا تتشبَّث قدما الدرّاج بالدوّاستَين. ولن يكون للدرّاج وَسيلة تُمكِّنه من التوقُّف لأنّ المكابح تعمَل بالِاحتكاك. على أنّنا نحتاجُ في الأجزاء المتحرِّكة إلى التقليل من الِاحتكاك لتتحرَّك بسهولة. الزَّيت والشَّحم يوفِّران سهولة التحرُّك. فهما يُساعِدان في الفَصل بين السُّطوح المعدِنيّة.



مَكِنات الحركة الدائمة

ظلّ الناس قُرونًا يُحاولون صنع مكِنات تتحرّك وتواصِل تحرُّكها إلى ما لا نهاية. لكنّ مثل هذه المكِنات مُستحيلة التحقيق لأنّ الإحتكاك يُوقف في نهاية الأمر حركتها. في هذه المكنة التي تعودُ إلى العام 1834، كان يُظَنّ أنّ الحركة الخارجيّة للكُرات الصغيرة ستُمكّن العجلة من الدوَران في اتّجاه عقارب الساعة.

الشَّحم يجعَل السلسلة زَلِقة ويقلّل من الإحتكاك

شكل جسم السمكة يقلّل من مُقاومة الماء.

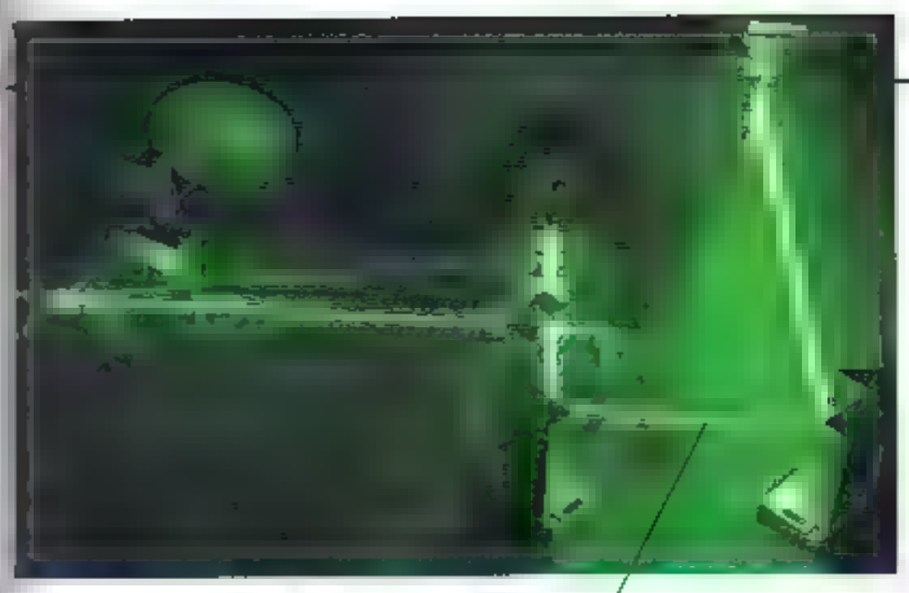
شكل انسيابيّ

الموائع، وهي السوائل والغازات، تولّد أيضًا احتكاكًا لمركب التي تنطلِق في الماء تواجه مقاوَمة، سبب احتكاك جُزيئات الماء بَعْضها المركب. الطائرات تواجه مُقاومة الهواء بسبب احتكاكها بجُزيئات الهواء. يُمكِن التخفيف من مُقاومة الموائع بجعل الجسم ناعم السطح وانسيابيّ الشكل. للأسماك شكل انسيابيّ رائع تسبَح في الماء بأقلّ ما يُمكِن من المُقاومة.

الإحتكاك بين إطار العجلة والطريق يُمكِّن العجلة من الإنطلاق فوق الطريق من غير أن تنزلِق.

السرعة والتسارُع

إذا مَشَيتَ مِشيةً جادّةً فقد تتمكّنُ من أن تقطَعَ في ساعةٍ مسافةَ نحوِ 4 كم. خلال هذه الفترةِ تكونُ سرعتُك 4 كم/سا. السرعةُ هي المسافةُ المقطوعةُ مقسومةً على الوقتِ المُستغرَقِ. في العِلمِ، كثيرًا ما نتحدَّثُ عمّا نُسمّيهِ سرعةً اتّجاهيّةً، أي السرعةَ في اتّجاهٍ مُعيّنٍ. لذا حتّى لو بَقِيَت السرعةُ ثابتةً، فإنّه إذا ما تغيّرَ الاتّجاهُ، تتغيّرُ أيضًا السرعةُ الاتّجاهيّةُ. على أنّه نادرًا ما تظَلُّ السرعاتُ ثابتةً. فالأشياءُ هي دائمًا في تسارُعٍ أو تباطؤٍ. عندما تتزايدُ سرعةُ جسمٍ، نقولُ تسارَعَ. وعندما تتضاءَلُ سرعتُه نقولُ تباطأَ.



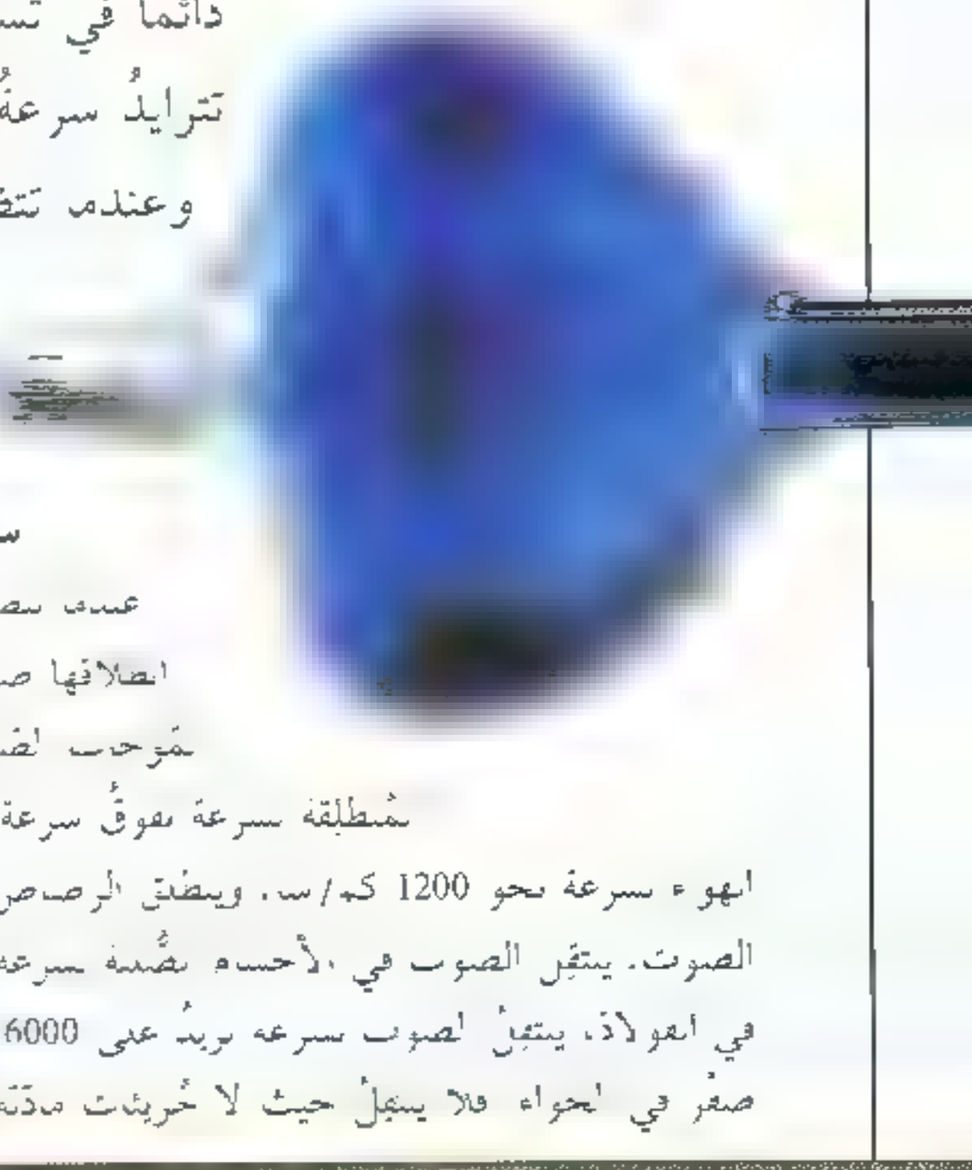
يُستخدم ضوء الليزر لنقل إشارات في التجارب التي تجري في مُختبرات

سرعة الضوء

في أثناء العواصف تُومِض البرق والرعد في الوقت نفسه تقريبًا، لكنّك ترى ومضة البرق قبل أن تسمع قصف الرعد بثوانٍ. ويعود ذلك إلى أنّ الضوء يسافر أسرع مما ينتقل الصوت. وقد قاس العُلماء أنّ الضوء ينتقل بسرعة مُذهِلة هي نحو 300 000 كم/ث، أو ما يزيدُ قليلًا على مليون كم/سا. وهم يقولون إنّ هذه أشدّ سرعة يُمكن أن تنتقل بها أيّ شيء في الكون.

عدّاد السرعة

عدّاد السرعة هو الذي يُبيّن لك سرعة سيارتك اللحظية. يُشغّله عادةً كلٌّ من موصول بعجلة تروس سيّارة. داخل عدّاد السرعة، تُدير العجلةُ بعضَ السلك، وهذا يتحرّك مع قلنسوة معدنية متصلة بمؤشّر. ويُعارض النابضُ حركةَ القلنسوة ويُوقف المؤشّر عند نقطة معيّنة تتوافق مع سرعة السيارة، وهذه يقرأها السائق مُحدّدة بالكيلومتر أو بالميل في الساعة.



سرعة الصوت

عندما يطلق رصاصة، يصدُر عن انطلاقها صوت يُشبه وهو صوت تموجات الضغط التي تُصدرها الرصاصة المُنطلقة بسرعة تفوق سرعة الصوت. ينتقل الصوت عبر الهواء بسرعة نحو 1200 كم/س. ويطلق الرصاص بسرعة تزيدُ مرّتين عن سرعة الصوت. ينتقل الصوت في الأجسام الصُلبة بسرعة تفوق كثيرًا سرعته في الهواء. في الفولاذ، ينتقل الصوت بسرعة تزيدُ على 6000 كم/س. لكن للصوت سرعة صفر في الخواء فلا ينتقل حيث لا تُرتجّ المادّة لحمله.

تسارُع قوّة ج

عندما تكون في مصعد وتبدأ بالصّعود، تشعُر بقدميك تضغطان بقوة على الأرض. كأنّ وزنك قد ازداد فجأةً، أو كأنّ الجاذبيّة قد ازدادت. ما تختبره هو ما يُسمّيه روّاد الفضاء القوّة-ج. وهي قوّة إضافيّة شبيهة بالجاذبيّة على جسمك يتسبّب بها تسارُع حركة المصعد صعودًا. عند انطلاق المركبة الفضائيّة في حركة تتسارَع من 0 إلى ما يزيدُ عن 28،000 كم/س في أقلّ من بِضْع دقائق، يتعرّض روّاد الفضاء لقوّة تصِل إلى 4 ج (أقوى من الجاذبيّة المُعتادة بأربع مرّات).

يتدرّب روّاد الفضاء على قوّة-ج في منْبذة، وهي عربة مُتّصِلة بذراع طويلة تدورُ بسرعة كبيرة ومعها يدوم الروّاد.

قوّة ج المُتزايدة تدفع رائد الفضاء في مَقعَده إلى الخلف إذ تتسارع المركبة.

عندما يتوقّف الرائد فجأةً، تدفعه قوّة ج أكبر إلى الأمام

مركبة سرعة

سيّارات مُقاوَمة الهواء هي من أشد أنواع سيّارات سباقات إثارةً. عربات لكلّ منها محرّك فائق القوّة مكشوف، تتسابَق على مَدرج طوله رُبع ميل لمعرفة أيّ منها تكونُ أشدّ تسارُعًا. بإمكان بعض هذه العربات أن تقطع المسافة بأقلّ من 5 ثوانٍ، فيزيدُ معدّل سرعتها عن 400 كم/سا. لمُحرّكات الدفّاقة القوّة تجُرُّ العجلتين الخلفيّتين الكبيرتين. دوران هاتين العجلتين يجعل مُقدّمة العربة ترتفع، لذا يكون لها بدّان طويلان لمُقاومة هذه الظاهرة. في العربة المُصوّرة أدناه، المُحرّك الجيّ في الخلف يُساعد أيضًا في منع ارتفاع المُقدّمة.

تباطؤ عربات سباقات مُقاوَمة الهواء

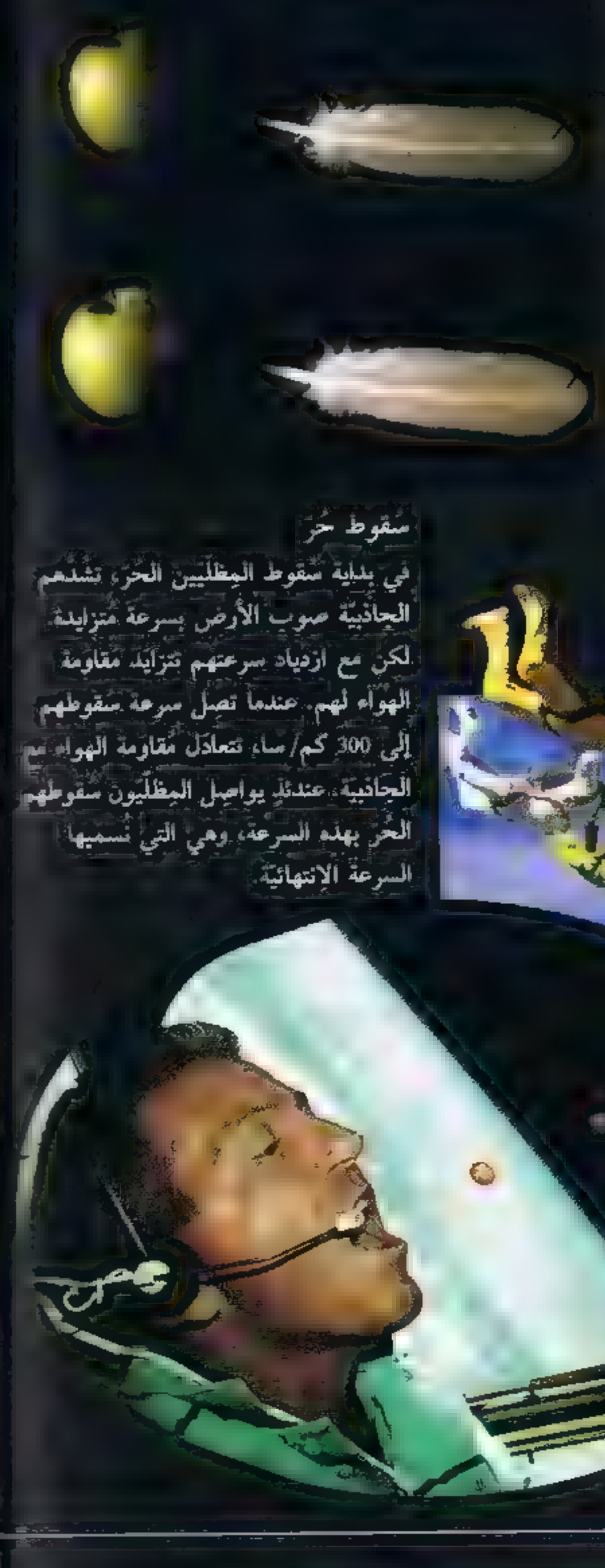
تصل عربات سباقات مُقاومة الهواء إلى سرعات فائقة، لكن ليس لها مَكابح كافية! لذا كثيرًا ما تستخدم مِظلّات لمُساعدتها في الإبطاء. تفتح المِظلّات في مؤخّرة العربة مباشرةً لدى اقترابها من خطّ النهاية. لاحِظ الجناحين الصغيرين في المقدّمة وفي المؤخّرة. جُعِل هذان الجناحان في زاوية مع مجرى الهواء لتوليد قوّة تضغط بقوّة على العربة لمنْعها من الارتفاع والطيران.

الجاذبيّة والكُتلة والوزن

عندما تُسقِط شيئًا يقعُ لأنّ قوّة غير مرئيّة تشدّه – هي قوّة الجاذبيّة أو على الأصحّ الجاذبيّة الأرضيّة. الجاذبيّة خاصّة أساسيّة في كلّ المادّة، من الذرّات إلى الكواكب. كلّما زادت كُتلة جسم زادت قوّة جاذبيّته. كان العالِم الإنجليزيّ إسحق نيوتن أوّل من فهم طبيعة الجاذبيّة وكان ذلك في الستينيّات من القرن السابع عشر. يُقال إنّ الفكرة جاءته عندما رأى تفّاحة تسقُط عن شجرة. الجاذبيّة تُعطي الأجسام وزنها. الوزن هو القوّة التي يختبرها الجسم بسبب وقوع الجاذبيّة على كُتلته.

أجسام ساقِطة

تعمل الجاذبيّة بين الأجسام وتشدّها بعضها إلى بعض. إذا كان الجسمان من كُتلتين مختلفتين، يتسبّب الشدّ غير المُنتظِم بسقوط الكُتلة الأصغر صوب الكُتلة الأكبر. نلاحظ ذلك على كُرتنا الأرضيّة عندما تسقُط أجسام نزولًا نحو الكوكب الهائل الكُتلة. قبل نحو 400 سنة، قرّر العالِم الإيطاليّ غاليليو أن يقوم بتجربة على الأجسام الساقِطة. ووجد أنّ الجاذبيّة تتسبّب بسقوط كلّ شيء بمعدّل السرعة نفسه. الأجسام الخفيفة تسقُط بالسرعة نفسها التي تسقُط بها الأجسام الثقيلة. لذا تسقُط ريشة في الخواء بسرعة سقوط تفّاحة (إلى اليسار).



سقوط حُرّ

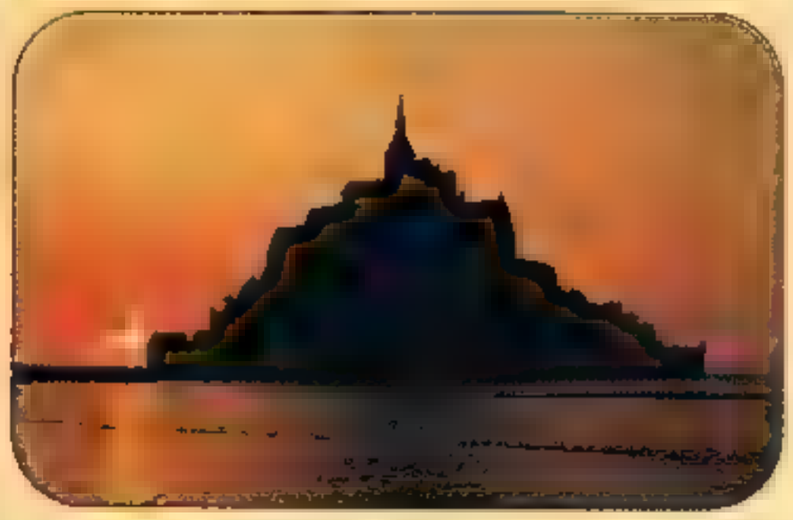
في بداية سقوط المِظلّيين الحُرّ، تشدّهم الجاذبيّة صوب الأرض بسرعة متزايدة. لكن مع ازدياد سرعتهم تتزايد مقاومة الهواء لهم. عندما تصل سرعة سقوطهم إلى 300 كم/سا، تتعادل مقاومة الهواء مع الجاذبيّة. عندئذٍ يواصِل المِظلّيون سقوطهم الحُرّ بهذه السرعة، وهي التي نُسمّيها السرعة الانتهائيّة.

صِفر ج

يشعُر الروّاد في مدار الأرض وكأنّ لا وزن لأجسامهم. ويبدو كأنّ الجاذبيّة لم يعُد لها وجود. نُسمّي هذه الحالة غير المألوفة حالة انعدام الوزن أو صِفر ج. ولعلّ الاسم الصحيح لها السُّقوط الحُرّ المتواصِل. الجاذبيّة موجودة في مدار الأرض (أقلّ ممّا تكون عليه على سطح الأرض بخمسة بالمئة فقط) وهي تجعلهم يسقُطون صوب الأرض. لكن بسبب اندفاع مكّوك الفضاء إلى الأمام بسرعة فائقة، فإنّ كمّيّة المسافة التي يسقُطون فيها نحو الأرض تكون مساويةً لكمّيّة انحناء سطح الأرض تحتهم مبتعدًا عنهم. لذا يظلّون في العلو نفسه فوق الأرض، مع أنّهم يسقُطون.

القمر والمدّ والجزْر

للقمر كُتلة أصغر كثيرًا من كُتلة الأرض، وتبلُغ قوّة جاذبيّته نحو سُدس جاذبيّة الأرض. على أنّ جاذبيّته تظلُّ تؤثّرُ في كوكبنا. وهو إذ يدورُ حول الأرض، يشُدُّ مياه المُحيطات ويتسبَّب بظاهرة المدّ والجزْر. بعض الجزر، كهذه التي تراها أدناه، تكون مُعرّضة بالمدّ في أثناء الجزْر، لكنّها تكون حُرّةً في أثناء المدّ.



جبل سان مايكل في فرنسا.

جاذبيّة فائقة

عندما يموت نجم كبير، يتفجّر أضخم تفجُّر في الكون، ويسمّى عندئذ متجدّدًا أعظم. تتداعى المادّة في مركز النجم بسرعة فائقة تنطلِقُ معها كمّيّات هائلة من الطاقة تتسبّب بالإنفجار. ما يتبقّى من مركز النجم يأخذ بالإنسحاق والتضاؤل. وكلّما تضاءَل تزدادُ كثافته، وتزدادُ جاذبيّته بالتالي قوّة. في نهاية الأمر، يتضاءَل إلى لا شيء تقريبًا، مُخلّفًا منطقة في الفضاء خالية وهائلة الجاذبيّة. تُسمّى هذه المنطقة ثقبًا أسود لأنّنا لن نستطيع أبدًا أن نراها — حتّى أشعّة الضوء لا تستطيعُ التفلّت من قبضة جاذبيّتها.

تَعال نُجرِّب

مركز الجاذبيّة

يبدو وزن أيّ جسم وكأنّه مُتركِّز في نُقطة واحدة، تُسمّى هذه النُّقطة مركز الثِّقَل. كما سترى في التجربة، إذا دَعَمتَ جسمًا تحت مركز ثِقَله، فإنّه يتوازَن.

اللوازم: قلم رصاص؛
رُقعة من الورق المُقوّى؛
مِقَصّ؛ دبّوس؛ لَوح فِلّيّ
في وضْع عَموديّ؛
خَيط؛ وزْن.

اجعل الوزْن من الثِّقَل بحيث يكفي لجعل الخَيط مشدودًا.

وازِن اليد على قلم الرصاص.

1 أرسُمْ مُخطّطًا ليدك على رُقعة من الورق المُقوّى وفصِّل اليد. دبِّس اليد على لَوح فِلّيّ من رأس إصبع بحيث تتحرّك بحرّيّة. علِّقْ من الدبّوس خَيطًا مثقّلًا بورق وارسُمْ خطّ يُماشي الخَيط المائل. كرِّر العمل مُستخدِمًا الأصابع الأخرى ليدك. كرّر حدرًا لئلّا يعرز الدبّوس في يدك الحقيقيّة في أثناء العمل.

2 ستجد أنّ الخطوط كلّها التي رَسَمتَها على اليد تتلاقى في نُقطة واحدة. ضعْ طرف القلم تحت تلك النُّقطة، فتجد أنّ اليد تتوازَن

التأرجُح والتَّدويم

مَلعَبُ الأطفالِ مَوضِعٌ مُمتازٌ لِاختبارِ التأرجُحِ والتَّدويمِ. تُري الأراجيحُ قَوانينَ البندولِ، أو النوّاسِ، والأُرجوحةُ الدَّوّارةُ تُري الحركةَ الدائريّةَ. وَقْتِ الفترةَ التي يَستغرِقُها تأرجُحُك ذهابًا وإيابًا على أُرجوحةٍ كبيرةٍ وأخرى صغيرةٍ. قد يُدهِشُك أن تَجِدَ أنّ الأَرجَحةَ ذهابًا وإيابًا تستغرِقُ الوقتَ نفسَه تقريبًا في كِلا الأُرجوحتَينِ الكبيرةِ والصغيرةِ. لاحَظَ العالِمُ الإيطاليُّ غاليليو غاليلي (1564-1642) هذا الأمر في الثمانينيّاتِ من القرنِ السادسَ عشرَ عندما أجرى تجاربَه على البندولِ. وَجَدَ أنّ للبندولاتِ المُتساويةِ الطولِ فترةَ نَوَسانٍ، أو تأرجُحٍ، واحدةً. جَرِّبْ أيضًا الأُرجوحةَ الدَّوّارةَ فتُبقيك قوّةٌ تدفَعُ إلى الداخلِ مُنطلِقًا في مَسارٍ دائريٍّ. وكلّما ازدادَت سرعةُ التَّدويمِ، زادَ شدُّ القوّةِ لك إلى مركزِها.

بُنِيَت ساعة البندول هذه في العام 1883 وَفْق تصميم غاليليو.

البندول

أدرَكَ غاليليو أنّه يُمكِنُ ستخدام فترة لنّوسان ـــ للبندول في ضبْط عمل الساعات. لكنّه مات قبل أن يتم التصميم الذي وَضعَه لهذا الغرض. في العام 1657 صَنَعَ رجُل هولـ اسمه كُرِسْتيان هيغِنْز أوّل ساعـ بندول في تلك الساعه، كلّ نَوْسة كانت تُحرِّر عجلة الإفلات سنًّا بعد سِنّ، ممّا يشغّل آليّة الساعة. للساعة التي تُعرَفُ بساعـ الأجداد، وهي شائعة اليوم في كـ من البُلدان، بندول ثوانٍ طوله متر. يتأرجَح من جانب إلى آخر في ثانية واحدة بالضبط.

تَعال نُجرِّب

بندول يتأرجَح

بندولات معلّقة من نقطة ثابتة وتتأرجح بفعل الجاذبية. إذا تجربة بندولات يمكنك القيام بها. **اللوازم:** خيط دوبارة؛ دعامتان عموديتان (مثل كرسيين)؛ مسطرة؛ مقص؛ 6 أوزان متساوية (مثل حزّقات أو كتل من معجون التشكيل)؛ ساعة توقيت.

1 ثبّتْ كلًا من طرفي خيط دوبارة طوله متر إلى دعامة عمودية (رأسية). شدّ الخيط بين الدعامتين. بندولاتك ستتعلّق من هذا الخيط.

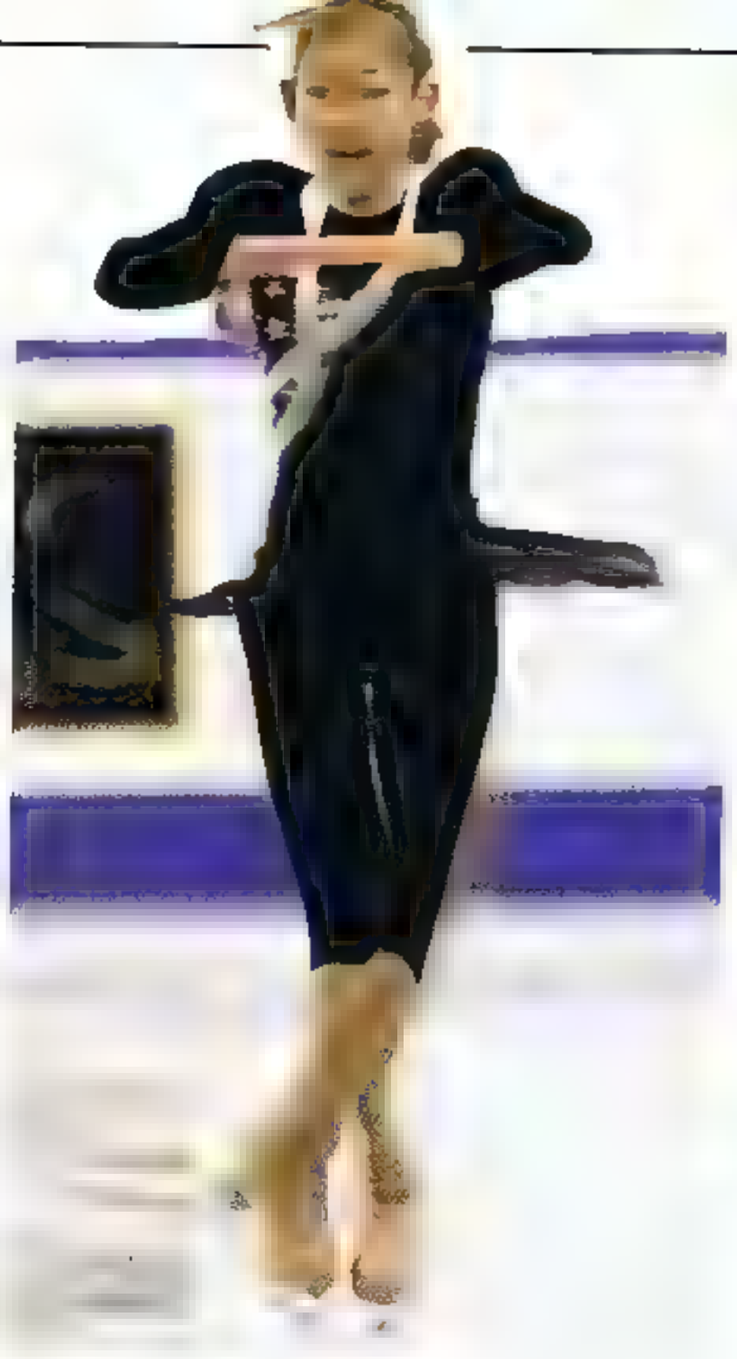
2 اقطَعْ من خيط الدوبارة ثلاثة أطوال مختلفة الطول. ثبّتْ في كلٍ منها وزنًا وعلّقها من الخيط المشدود. وقّتْ 20 نوسة كاملة (ذهابًا وإيابًا) واقسِم على عشرين للحصول على توقيت دقيق لنوسة واحدة. كرِّر الأمر مع البندولين الآخرين. ستجد أن للأطوال المختلفة أوقات نوسان مختلفة. جرّب أن تضيف إلى البندولات أوزانًا. ووقت النوسان. قارِنْ بين النتائج. هل كان للأوزان الإضافية أثر في وقت النوسان؟

3 الآن، اجعل بندولاتك الثلاثة بالطول نفسه، وعلّق من كل منها وزنًا. ادفع أحد البندولات ليبدأ تحرّكه، فتجد أنّ البندولين الآخرين قد بدأ التحرّك أيضًا. تسمي هذه الظاهرة بالرّنين، وهي تحدث عندما تهتزّ أجسام متطابقة بتردّدها الطبيعي.

بُرج مائل

على المُهندِسين عند تصميم المُنشآت أن يجعلوا بين القوى المختلفة توازُنًا. بُرج بيزا المائل، في إيطاليا، بدأ يَميل بُعَيد البدء بإنشائه. أخذَت الأرض تغوصُ من جانب واحد، ممّا أوجَد قوّة غير مُتوازنة. مركز الثِّقَل لا يزال حتّى الآن داخل قاعدة البُرج. وقد أمكَنَ في الوقت الحاضر تثبيت زاوية المَيل على 5 درجات عن الوضع الرأسيّ. ولو خرج مركز الثِّقَل عن القاعدة، تتولّد قوّة تعطف وتسقُط البُرج.

في العام 1174، بدأ العمل على إنشاء بُرج بيزا المائل.



الدوَران والتَّدويم

في بعض مركبات الملاهي، تدور مُدوِّمًا. جسمك يسعى إلى أن ينطلق في خطّ مُستقيم، لكن تُمسكه قوّة تدفع إلى الداخل نحو مركز الدائرة، ونُسمّيها القوّة الجاذبة. عندما تدور السَّوائل في مَدار حول الأرض، توفّر لها الجاذبيّة القوّة الجاذبة التي تُبقيها على دوَرانها. للأجسام المُدوِّمة، مثلها مثل الأجسام المتحرّكة كلّها، عزْم حركيّ (كمّيّة تحرُّك) يُبقيها متحرّكةً. في الأجسام المُدوِّمة، نُسمّيه العَزْم الحركيّ الزاويّ.

الجيروسكوب

الجيروسكوبات، أو الموصّلات الدوّارة، آلات مُدهِشة. بإمكانها أن تتوازَن على خَيط دوبارة أو على رأس قلم رصاص، وإذا دَفعتَها، لا تنقلب. فلها خواصّ غير مألوفة يوفّرها لها دولابها الدوّار الذي يدوِّم بسرعة فائقة داخل محاوِر ارتكاز. عندما يدوِّم الدوّار بسرعة، فإنّ العزْم الحركيّ الزاويّ، والذي يعمَل على طول مِحوَر الدوّار، يسعى إلى أن يحفَظه موجَّهًا في الاتّجاه نفسه.

حِفْظ العزْم الحركيّ

كثيرًا ما يقوم المتزلّجون (المُنرحِقون على الجليد) بحركات تَدويم مُدهِشة. يبدأون تدويمهم بذراعَين مَمدودتَين. هذا يوفّر لهم قُطْر تدويم واسعًا ومزيدًا من العزْم الحركيّ الزاويّ. وعندما يضمّون الذراعَين فجأةً، يقلّلون من قُطْر التَّدويم، فترداد آليًّا سرعة تدويم أجسامهم.

تَعال نُجرِّب

قوّة جاذِبة

هل بإمكانك أن تقلب دلوًا من الماء رأسًا على عقِب من غير أن يسقط الماء منه؟ بإمكانك ذلك بمساعدة القوّة الجاذبة. اللوازم: راشد مشرف؛ خيط دوبارة متين؛ مِقَص؛ دلو بلاستيكي خفيف؛ ماء؛ إبريق؛ قُفّاز (اختياري)

1 اربُط أحد طرفَي الخيط إلى مسكة الدلو. املأ الدلو إلى ربعه بالماء. أيّ زيادة في الماء تجعَل الدلو أثقل ممّا ينبغي.

2 خُذِ الدلو إلى الخارج. إلبَس لراحتك قُفّازًا، ثمّ لُفّ الخيط حول يدك. ابدأ بتدويم الدلو حول يدك. إذ يدور الدلو فإنّ القوّة الجاذبة تمسك الماء داخله.

اِستكشاف الطاقة

عندما تمُطُّ رِباطًا مطّاطيًّا، ثمّ تُفلِتُه، ينطلِقُ في الهواءِ. مَطُّه يحشُدُ فيه طاقةً نُسمّيها طاقةً كامِنةً. وعندما يُفلَتُ الرِّباطُ المطّاطيُّ، ينطلِقُ، إذ تتحوَّلُ طاقتُه الكامِنةُ إلى طاقةٍ حركيّةٍ. الطاقةُ الكامِنةُ والطاقةُ الحركيّةُ هما الشَّكلانِ الرئيسيّانِ من أشكالِ الطاقةِ. الطاقةُ الكامِنةُ هي الطاقةُ المُختزَنةُ في شيءٍ بسببِ وَضعِه أو حالتِه. طاقةُ الجاذبيّةِ، والطاقةُ الكيماويّةُ، والطاقةُ النوويّةُ، والطاقةُ الكهربائيّةُ كلُّها أشكالٌ من الطاقةِ الكامِنةِ. الطاقةُ الحركيّةُ هي الطاقةُ العامِلةُ. لكلّ جسمٍ مُتحرِّكٍ طاقةٌ حركيّةٌ.

الوَقود والطاقة

معظم الطاقه التي نستخدِمُها اليوم مصدرها حرْق الوُقُد الأُحفوريّة، مثل النَّفط (أدناه)، والفحم، والغازات الطبيعيّة. تشكّلَت هذه الوُقُد طبيعيًّا على مدى ملايين السنين، ولكنّنا نُفرط في سرعة استخدامها. يُحتمَل أن ينفَد النَّفط في نهاية هذا القرن. حرْق الوُقُد الأُحفوريّة يتسبَّب أيضًا بتلوُّث الهواء. من مصادر الطاقة الأخرى الطاقة الكَهْرمائيّة (طاقة المياه)، والطاقة النوويّة.

محطّات الطاقة النوويّة تُنتِجُ الطاقة في الوقت الحاضر بالإنشطار النوويّ. المُشكِلة في هذا النوع من الطاقة هي أنّه يتخلَّف عنه الكثير من النُّفايات المُشِعّة الضارّة.

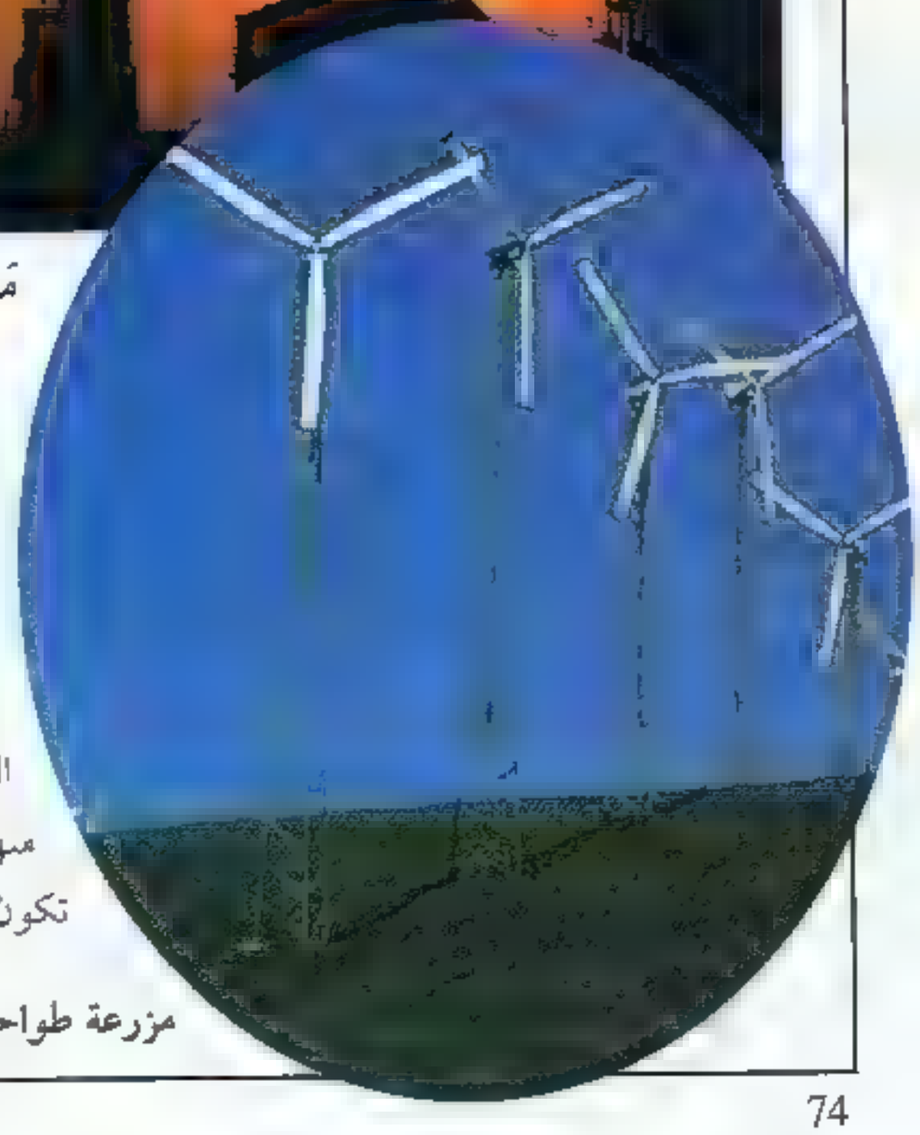
طاقة لا تنفَد

مكّنة اسْمها احتصارًا حِت تُنتِج، في أثناء تحارب على الإندماج النوويّ، حلْقة من غاز ساخن سمّ تُسمّيه البلازما. الإندماج النوويّ، على عكس الإنشطار النوويّ، تفاعُل نوويّ لا يُطلِق موادّ مُشِعّة قاتلة. وهو العمليّة التي تستخدِمها النُّجوم لإنتاج طاقتها. إذا أمكَن التحكُّم في الإندماج النوويّ، سيحصُل العالَم على مصدر وفير من الطاقة لأنّ في المُحيطات كمّيّات هائلة من الديوتيريوم (الهدروجين الثقيل) وهو «الوَقود» المُستخدَم في عمليّة الإندماج.

مَصادر مُتجدِّدة

مصادر متجددة

بعض مصادر الطاقة تتجدَّد فلا تنفَد. تشتمِل هذه المصادر المُتجدِّدة على قوّة الماء الجاري وقوّة الريح. تسخِّر الماء الجاري في محطّات الطاقة الكهرمائيّة، ونسخِّر الريح بواسطة طواحين الهواء. طواحين الهواء الحديثة، ونُسمّيها توربينات الرياح، تُستخدَم اليوم لإنتاج الكهرباء. الطاقة الشمسيّة والطاقة الحراريّة الجَوفيّة مصدَران مُتجدِّدان آخران يجري الآن الإفادة منهما. الطاقة الحراريّة الجَوفيّة هي حرارة الصُّخور التي تكون في جَوف الأرض وبخاصّة في المناطق البُركانيّة.



مزرعة طواحين هواء في كاليفورنيا، الولايات المتّحدة الأميركيّة

تَعال نُجرِّب

تَحويل الطاقة

رفْع الجسم يوفِّر له مزيدًا من طاقة الجاذبيّة الكامِنة فيه. فإذا أَفلَتَّ ذلك الجسم، تتحوَّل الطاقة الكامِنة فيه، إذ يسقُط، إلى طاقة حركيّة بفعل شدّ الجاذبيّة له. وهذا هو المبدأ الذي يعمَل عليه قِطار المَهاوي في مُدُن الملاهي. تأكَّدْ من ذلك بنفسك بأن تصنع قِطارَ مهاوٍ صغيرًا. **اللوازم** بِطانة أسود رُغاوِيّة تكون من الاتّساع بحيث تتّسِع فيها كُتَلٌ، أو بِلْية، سهولة، كُتَل، مِقَصّ، عراء، شريط لاصِق، دِعامتان عموديّتان (كُرسيّان، مثلًا)، معجون لاصِق، دَبابيس.

1 قُصَّ بِطانة الأسود طوليًّا إلى نصفَين مُسترشِدًا بالحرّ القائم على البِطانة. ألصِقِ القِطعتَين معًا طرفًا بطرف. اِبرِ السِّكّة كما ترى في الصورة صعْدها على سطح، مُسنِدًا إيّاها إلى دِعامَتَين عموديّتَين. ثبِّتها في موضِعها بتَدبيسها إلى كُتَل من المعجون الإلصاق.

2 ضَعْ كُتَلًا على مسقَط السِّكّة المُنحدِر وأفيئها. حرِّبْ للوصول إلى أفضل عُلوّ تبدأ منه إذ كانت نُقطة البدء عالية أكثر ممّا ينبغي، سيكون لكُتَلك طاقة حركيّة زائدة فتخرُج عن السِّكّة. وإذ كانت أخفَض ممّا ينبغي لن يكون عندها ما يكفي من الطاقة لاجتياز الأكَمة.

«قِطار المَهاوي الكبير» في بلاكْپول، إنجلترا.

رِحلة على قِطار المهاوي

في قِطار المَهاوي ترتفِع العربات إلى أعلى نُقطة مُسعِفة بقُدرة كهربائيّة، ثمّ تُفلَت لتدَع قوّة الجاذبيّة تعمَل. وهي تختبِر في سُقوطها قوّة حركيّة كامِنة تستخدِمها في صُعود سلسلة من الأكَمات، أو الحدَبات، القليلة الارتفاع.

مُعادَلة آينشْتاين المشهورة

أدرَكَ ألبِرْت آينشْتاين، في أوائل القرن العِشرين المُبصِر، أنّ بين الكُتلة والطاقة علاقة. يُمكِن تحويل الكُتلة إلى طاقة، كما وَرَدَ في مُعادَلته المشهورة $E = mc^2$. E هي الطاقة التي تتولَّد عندما تتحوَّل كُتلة m إلى طاقة، و c هي سرعة الضوء. تَربيع c أي ضَربها بنفسها، يُعطي عددًا هائلًا، لذا يُمكِن تحويل كمّيّة ضئيلة من الكُتلة إلى كمّيّة هائلة من الطاقة.

$E = mc^2$

سلاسِل من الطاقة

تشتعِل كُتَل الخشب اشتعالًا شديدًا، مُطلِقةً طاقة على شكل ضوء (نراه لَهَبًا) وحرارة. لا يُمكِن ابتداع الطاقة أو إفناؤها، يُمكِن تحويلها فقط من شكل إلى آخر. فمِن أين إذًا أتَت الطاقة المُنبعِثة من كُتَل الخشب المُحترِقة؟ كانت طاقة كيماويّة مُختزَنة في جُزيئات الخشب. هذه الطاقة الكيماويّة تحوَّلَت من الطاقة الموجودة في ضوء الشمس. أوراق الشجرة تستخدِمُ ضوء الشمس في عمليّة نُسمّيها التَّمثيل الضوئيّ، لتَصنَع موادّ لازِمة لنُموّ الشجرة.

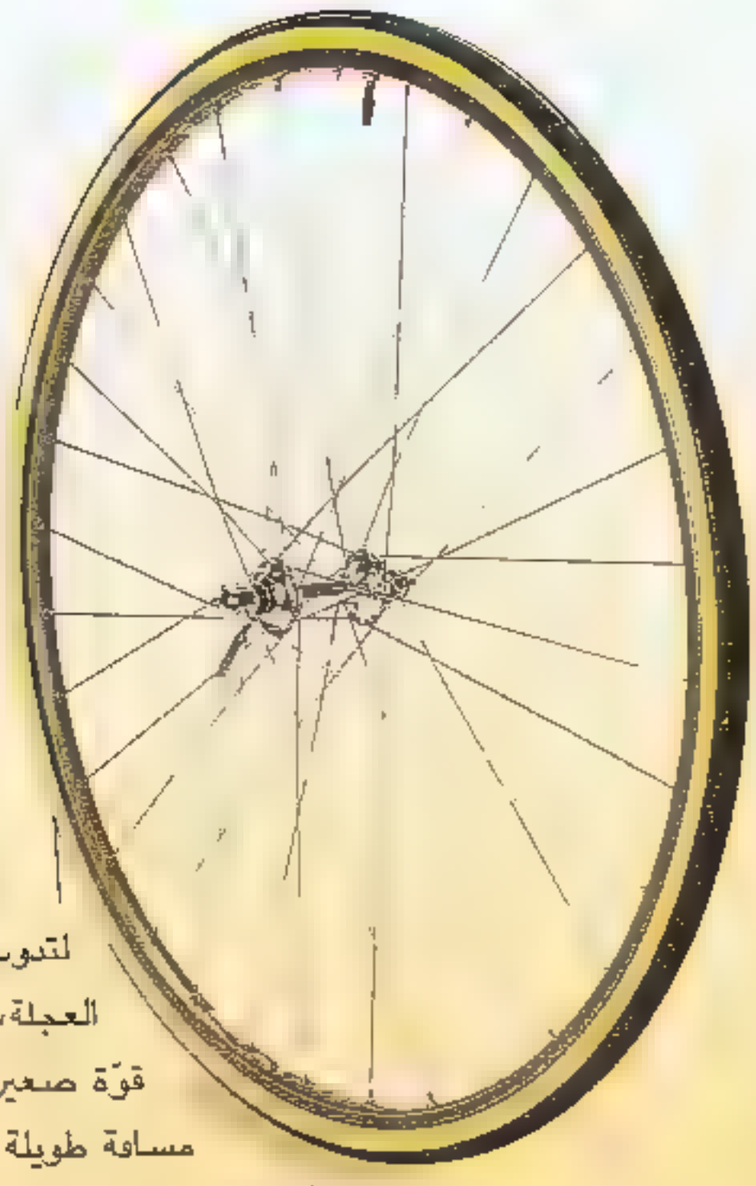
التَّوفير في الطاقة

يستخدِم العالَم الصُّناعيّ، في صِناعاته ومواصَلاته وفي المنازل، كمّيّات ضخمة من الطاقة. لكنّ جانبًا كبيرًا من هذه الطاقة يذهَبُ هدْرًا. على سبيل المثال، معظم الطاقة التي تُستخدَم في تدفئة المنازل تتسرَّب عبر السقف والجُدران والنوافذ. وإذ تتناقَص مَواردنا من الطاقة، علينا أن نوفِّر في استخدامها. من أمثلة ذلك، تحسين العَزْل في مَساكِننا. من طرق التَّوفير في الطاقة أيضًا، إعادة استخدام وإعادة تدوير الموادّ المُستخدَمة، ومنها المعادن والزُّجاج. إعادة التَّدوير تتطلَّب طاقة أقلّ من استخراج الموادّ الخام وتصنيعها.

عُلَب صغيرة جاهِزة لإعادة التَّدوير

الطاقة والعمل

يُعرِّفُ العُلماءُ الطاقةَ بأنّها القُدرةُ على إحداثِ شُغْلٍ. لكنّهم لا يَعنونَ الشُّغْلَ بالمعنى اليوميِّ للكلمةِ. بل يَعنونَ أنّ الشُّغْلَ يتِمُّ عندما تُحرِّكُ قوّةٌ جسمًا. يُحسَبُ الشُّغْلُ المُنْجَزُ بضرْبِ المسافةِ التي انتقَلَها الجسمُ بالقوّةِ اللازمةِ لنقْلِه. لذا فإنّ تحريكَ جسمٍ مسافةً قصيرةً يُمكِنُ أن يتطلَّبَ الكمّيّةَ نفسَها من الشُّغْلِ، والكمّيّةَ نفسَها من الطاقةِ، اللتَينِ يتطلَّبُهما نقْلُ جسمٍ أخفَّ مسافةً أطولَ. هذه العلاقةُ يُستفادُ منها في المَكِناتِ لتَسهيلِ عمَلِها.



لتدوير هـ
العجلة، تنتـ
قوّة صغيرة
مسافة طويلة على
الحافّة، أو تنتقِل قوّة كبيرة مسا
قصيرة على المِحوَر (المركز.

إذ يفلِق الإسفين كُتلة
الخشب نُزولًا، يولِّد شكله
المتوسِّع قوّة جانبيّة
كبيرة تشُقّ
الخشب

أسنان هذا اللولَب
شبيهة بسطح
مائل يلتفُّ حوله
المَسار أطوَل لذا
فالجُهْد أقلّ.

هذه الطريق الجبليّة هي
سطح مائل. تسيرُ السيّارات
مسافة أطوَل، لكنّ الجُهد أقلّ
ممّا يُبذَل لتسلُّق الحبل في
خطّ صاعِد

آلات بسيطة

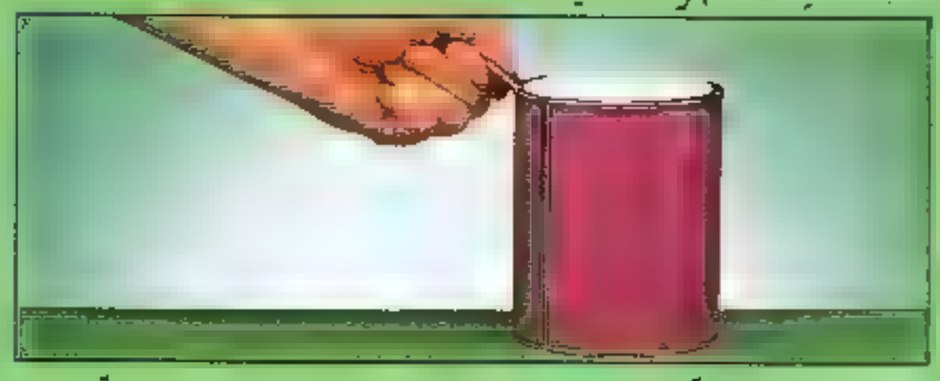
كلّ بسطة تُستخدَم في أداء عمل تُسمّى آلة أو مَكِنه
كثيرًا ما تكونُ الالات بسيطة. المُحْل مثلًا هو آلة تُسمّى
رافعة، أو عتلة، من الآلات البسيطة الأخرى، السطح
المائل، والإسفين، واللولب (اللُّرَعيّ)، والعجلة (الدولاب)
والمِحور (العجلة)، والبكرة. معظم الآلات تضخّم القوّة المُستخدَمة
أو الجُهْد، مثل قوّة، أو حِمْل، أكبر. عندما تُضخّم الجُهْد، تُولِّد ما
يُسمّى بالفائدة الميكانيكيّة. لكن للوصول إلى هذه الفائدة، يسعى
أن يتنقّل الجُهْد مسافة صغيرة يتنقل معها الحِمْل مسافة قصيرة.

ـ هي الفائدة؟

ـ بإمكانك أن ترفع سيّارتك بنفسك؟ بإمكانك إذا أنت استخدمت ـ ـ ـعَ لولبيًّا. وهذا نبضة رفْع تقومُ على مبدأ اللولَب ومبدأ الرافعة، أو ـ ـ ـة. فعند يد تُدير مسكة المِرفاع مسافة طويلة، تجعَل اللولَب يتحرّك ـ ـ ـدًا مسافة قصيرة، رافعًا وزن السيّارة. لمِرفاع يولّد قوّة كبيرة بجُهْد ـ ـ ـ فهو إذًا فائدة ميكانيكية كبيرة.

تَعال نُجرِّب
بالرَّوافع

أعطية **عُلب الدّهان** شديدة الإحكام لمنْع التسرُّب. يُمكن فتْح ـ ـ ـعب برافعة، باستخدام طرف العُلبة كمُرتكَز. **اللّوازم:** عُلبة ـ ـ ـهان، قِطعة نُقود معدنيّة، مِلعَقة صغيرة قديمة؛ مِلعَقة حَلوى ـ ـ ـديمة؛ مِفَكّ؛ جرائد قديمة.

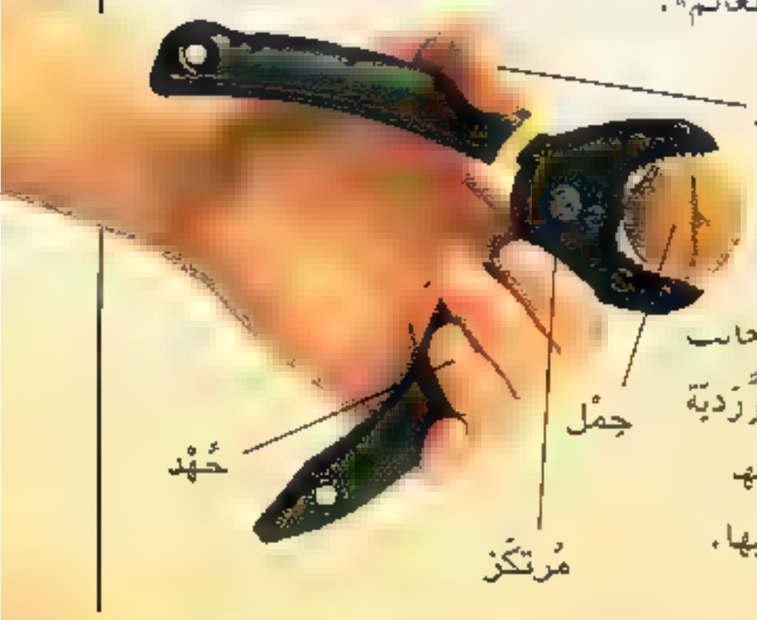


1 صبّ عُلبة الدّهان على جريدة قديمة (إذ قد يَسيل الدّهان). حاوِلْ أن ترفَع الغِطاء بقطعة نُقود معدنيّة. لن يكون عندك قدرة كبيرة على الرفْع، أو القُدرة الذّراعيّة، لأنّ قِطعة النُّقود قصيرة لا تُصحّم كثيرًا الجُهد الذي تبذُله. ومهما بَذَلتَ من جُهد، لا تستطيع أن تتغلّب على القوّة التي تُطبق الغِطاء.

2 الآن جرِّبْ فتح الغِطاء بمِلعَقة صغيرة، أو بمِلعَقة حَلويات، أو بمِفَكّ. ستَجد أنّه كلّما طالَت ذراع الرافعة كان رفْع الغِطاء أسهل. تبذُل جُهدًا أقلّ، لكنّ يدك تنتقِل مسافة أطول لتَوليد ما يكفي من القوّة لرفْع الغِطاء.

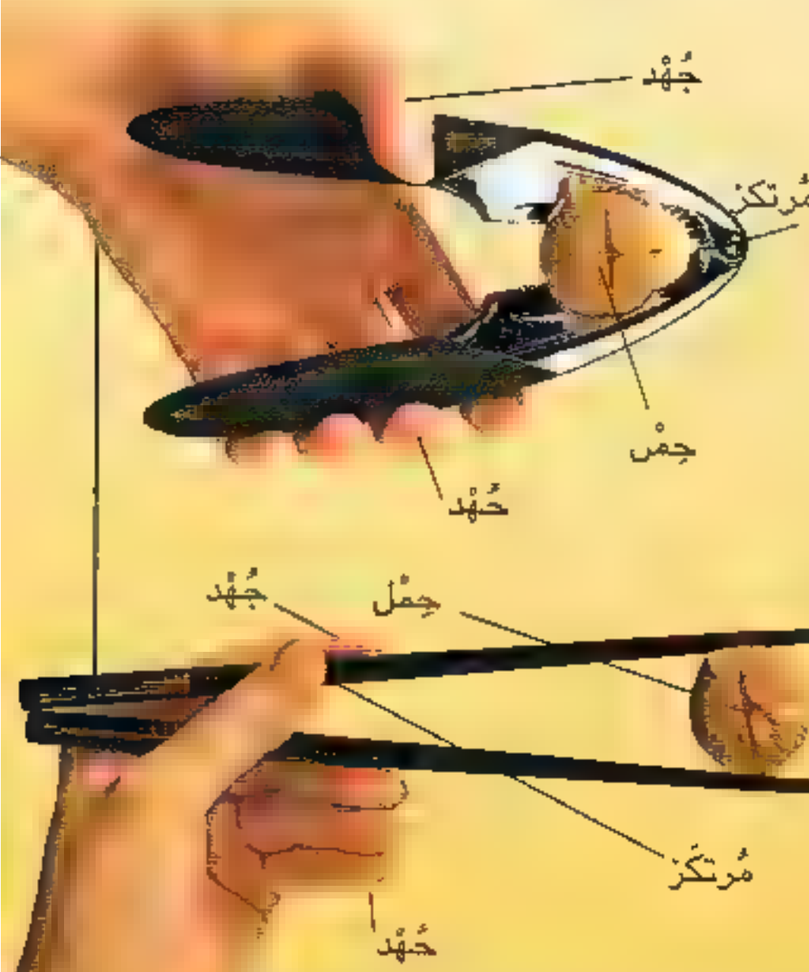
قَوانين الرافعة

وَضَعَ العالِم الإغريقيّ أَرْخَميدِس قوانين لرافعة قبل ما يزيدُ عن 2000 سنة. في الرافعة البسيطة المُستندة على مُرتكَز، أو نُقطة ارتكاز، يكون جُهْد لرَفْع مصروف بمسافته إلى المُرتكَز مُساوِيًا لحِمْل مصروفًا بمسافته إلى المُرتكَز. لذا فإنّ جُهدًا صغيرًا يُبذَل على مسافة طويلة من المُرتكَز يُمكن أن يرفع حِملًا كبيرًا يكون قريبًا من المُرتكَز. هذا الوضع يولِّد فائدة ميكانيكيّة كبيرة – أي قُدرة ذراعيّة كبيرة. قال أَرْخَميدِس «أعطِني فعّاليّة لرافعة فأُحرِّك العالَم».



الرافعة من المرتبة الأولى

تُدعى رافعة بسيطة مثل لوح التأرجُح (طُلوعًا ونُزولًا) رافعة من المرتبة الأولى. لها مُرتكَز في وسطها، ويُبذَل الجُهْد على جانب منها، ويُرفَع الحِمْل على الجانب الآخر. الرَّزَديّة مثل آخر على الرافعة من المرتبة الأولى. لها فائدة ميكانيكيّة لأنّ مسكتَيها أطول من فكّيها.



رافعة من المرتبة الثانية

في الرافعة من المرتبة الثانية يكونُ الحِمْل بين الجُهْد والمُرتكَز. وهي كذلك فائدة ميكانيكيّة لأنّ الجُهْد أبعد من المُرتكَز من بُعد الحِمْل عنه. كسّارة الجوز مثل على الرافعة من المرتبة الثانية، وكذلك هي عربة اليد.

رافعة من المرتبة الثالثة

في الرافعة من المرتبة الثالثة، يكونُ الجُهْد بين المُرتكَز والحِمْل. الجُهْد أقرب إلى المُرتكَز منه إلى الحِمْل، لذا ما من فائدة ميكانيكيّة هنا. بدلًا من ذلك، تُستخدَم روافع المرتبة الثالثة حيث يتطلّب الأمر دِقّة في الالتقاط كما هي الحال في عودَي تناول الطعام

مُحرِّكات أساسيّة

المَكِنات كلّها تحتاجُ إلى طاقة لتُحدِث شُغلًا. بعض المَكِنات تُحوِّل الطاقة مُباشرةً إلى حركة ميكانيكيّة تُسمّى هذه المَكِنات مُحرِّكات أساسيّة أي لا يُديرها محرِّك آخر. المُحرِّكات التي تعمَل بالبترول ومُحرِّكات القاطِرات البُخاريّة أمثلة على ذلك؛ فهي تُسخِّر طاقة البترول والبُخار المُحرِّكات الأساسيّة ليست عالية الكفاءة – فهي تُعطي من الطاقة أقلّ كثيرًا ممّا تأخُذ. المُحرِّك الذي يعمَل على البترول يولِّد 25 بالمئة فقط من طاقة الوَقود التي يستخدِمها؛ ويضيعُ الباقي على شكل حرارة.

المُسنَّنات والبكَرات

عندما تركَبُ درّاجةً هوائيّةً، تنقُلُ مجموعةٌ من المُسنَّناتِ، أو التُّروسِ، حركةَ الدوّاستَينِ إلى العجلةِ الخلفيّةِ. في السيّارةِ (أو في غيرها من المركَبات ذات المُحرِّك)، تنقُلُ المُسنَّناتُ القوّةَ من المُحرِّكِ إلى العجلاتِ لتَسييرِ السيّارةِ. معظمُ المُسنَّناتِ تكونُ على شكلِ عجلاتٍ مُسنَّنةِ الحوافِّ. لا تقومُ المُسنَّناتُ بنقْلِ الحركةِ فقط بل بإمكانِها أيضًا أن تُغيِّرَ فيها. بإمكانِك، باستخدامِ المُسنَّنات في درّاجتِك، أن تُغيِّرَ من سرعتِك مع الإبقاءِ على سرعةِ التَّدويسِ نفسِها، مُستغِلًّا بذلك الفائدةَ الميكانيكيّةَ. للبكَرةِ أيضًا فائدةٌ ميكانيكيّةٌ. المُسنَّناتُ والبكَرات تُقلِّلُ من الجُهْدِ المطلوبِ.

عمَل المُسنَّنات

في الدرّاجة، تصل السلسلة بين مُسنَّات عجلات السلسلة ومُسنَّنات صُرّة العجلة الخلفيّة. في معظم أنظمة المُسنَّنات، تتعشَّق مجموعة المُسنَّنات مباشرةً بواسطة أسنانها، لذا عندما يَدور مُسنَّن يَدور معه المُسنَّن الآخر. المُسنَّن الدوديّ (أعلاه) ينقُل الحركة في روابط قائمة إذ تتعشَّق العجلة المُسنَّة بمُسنَّن دوديّ الشكل. أمّا المُسنَّن المخروطيّ (إلى اليمين) فله أسنان مائلة تتعشَّق أيضًا في روابط قائمة مُسنَّنات الأسنان المُستقيمة والتي تتعشَّق بعضها ببعض تُسمّى مُسنَّنات معدولة. وهذه تنقُل الحركة بين أعمدة مُسنَّة مُتوازية. كما في صندوق مُسنَّنات السيّارة.

تدوير مسكة خفّاقة البيض البدويّة يُحرِّك المُسنَّن المعدول، والذي يُدير بدوره الخفّاقة.

نِسبة تعشيق المُسنَّنات

في المَكِنات، يُعبِّرُ تعشيق المُسنَّنات عادةً من سرعة الحركة. إنّ مُسنَّنًا صغيرًا قليل الأسنان يُشغِّل مُسنَّنًا كبيرًا كثير الأسنان يُبطِء. إنّ مُسنَّنًا له 12 سنًّا، على سبيل المثال، ينبغي أن يَدور مرّتين لإدارة مُسنَّن له 24 سنًّا مرّة واحدة. لذا، فنسبة تعشيق المُسنَّنات هنا هي اثنان إلى واحد (1:2). الساعات الميكانيكيّة تستخدِم سلسلة من المُسنَّنات المُتعشِّقة بعضها ببعض ذات نِسبة تعشيق دقيقة لإدارة العقارب بالسرعة الصحيحة لتبيان الوقت الصحيح.

سلسلة من المُسنَّنات تُشغِّل عقارب هذه الساعة.

تعال نُجرِّب

تغيير المُسنَّنات

اِكتشِفْ كيف أنّ تغيير المُسنَّنات يجعَل الدرّاجة تُبطئ أو تُسرِع.

اللوازم: راشد يُساعِد؛ درّاجة ذات مُسنَّنات مُتعدِّدة (مثل درّاجة الجبل)؛ قُفّازات، شريط لاصِق مُلوَّن.

1 للدرّاجة ذات المُسنَّنات المُتعدِّدة عجلات مُسنَّنة مختلفة الأحجام، يتّصل بها ذِراعا التدوير والدوّاستان، ومُسنَّنات بأحجام مختلفة على العجلة الخلفيّة. اِسأل راشدًا أن يقلِب لك الدرّاجة رأسًا على عَقِب. اِلبَسْ قُفّازات لحماية أصابعك. أدِر الدوّاستَين ببُطء إلى أن يصبح أحد ذراعَي التدوير في وضْع رأسيّ، أو عَموديّ. علِّمْ نُقطة على العجلة الخلفيّة بشريط لاصق ملوَّن.

2 في تُرس السرعة البطيئة، تصِل السلسلةُ عجلة مُسنَّنة صغيرة بمُسنَّن كبير في العجلة الخلفيّة. أدِرْ ببُطء ذراع التدوير مرّة. لاحِظْ علامة الشريط. كم مرّة تَدور العجلة الخلفيّة؟ كم يلزَم من الجُهد لإدارة الدوّاسة؟

3 في تُرس السرعة العالية، تصِل السلسلة عجلة مُسنَّنة كبيرة بمُسنَّن صغير في العجلة الخلفيّة. أدِرْ ذراع التدوير مرّة أخرى. كم مرّة تَدور العجلة الخلفيّة؟ كم يلزَم من جُهْد لتدوير الدوّاسة؟

4 في تُرس السرعة العالية، يلزَم جُهْد أكبر لتدوير الدوّاسة، لكنّ العجلة الخلفيّة تدور بسرعة أكبر. وفي تُرس السرعة البطيئة، يلزَم جُهْد أقلّ وتَدور العجلة الخلفيّة بسرعة أبطأ – وهو أمر مُفيد في رُكوب الدرّاجة في المُرتفَعات.

العجلة الخلفيّة تُشغِّل الدرّاجة، والعجلة الأماميّة تتحكّم بالتّوجيه.

البَكَرات والمرافيع

أبسَط أنواع البكرات حبل يُسحَب على بكَرة مُخدَّدة، أو مَحزوزة. تُثبَّت البكَرة إلى موضع راسخ ويعلَّق الحِمل بأحد طرفَي الحبل. ويُمكِن رفْع الحِمل بشدّ طرف الحبل الآخر. مع أنّ البكَرة الواحدة لا توفِّر فائدة ميكانيكيّة، فإنّها تُسهِّل الرفْع بتغيير اتّجاه قوّة الشدّ المطلوبة. إضافة بكَرة أخرى يزيد قوّة الجُهْد المبذول، ممّا يعني الحاجة إلى جُهْد أقلّ – وفي ذلك فائدة ميكانيكيّة. مِرفاع الإنشاءات تتأتّى جانب كبير من قوّة رَفعه من نظام البكَرات المُتعدّدة والتي تتركّز في طرف الرفْع من الحبل.

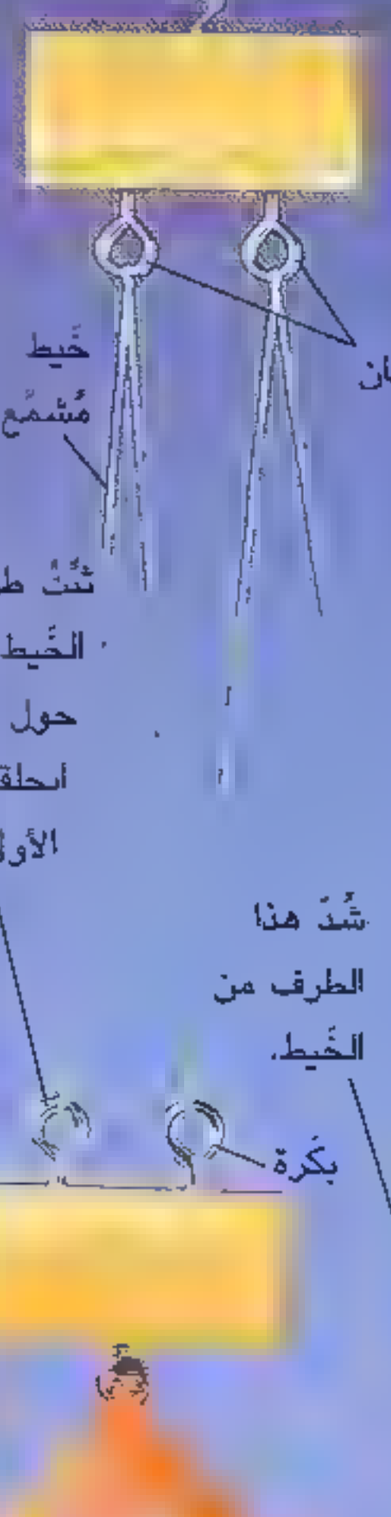
قُبّة بْرونِلّيتشي

نعتقد أنّ المُهندِس المِعماريّ الإيطاليّ فيليبو بْرونِلّيتشي (1377-1446) هو مُخترِع المِرفع المعروف باسم الذراع الدَّوّارة والذي استخدَمه في بناء قُبّة الكاتدرائيّة المشهورة في فلورنسا، إيطاليا. وكان ذلك المِرفع واحدًا من آلات عدّة اخترَعها بدأ بناء الكاتدرائيّة في العام 1296. أمّا القُبّة نفسها فقد بُنِيَت بين 1420-1436.

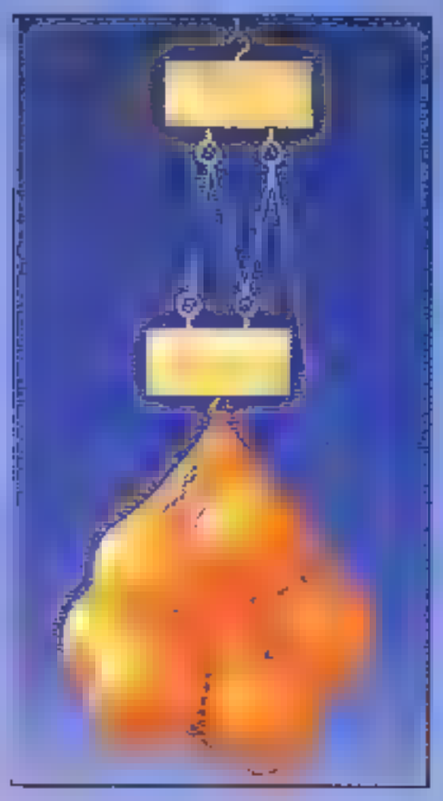
تَعال نُجرِّب
رفْع الأثقال

حَيط دوبارة مثبَّت إلى دعامة

جِدْ كيف أنّ مجموعة من البكَرات (بكّاره) يُمكن أن تُساعِدك في رفْع مزيد من الأحمال بسهولة. **اللوازم**: رشد يُساعِدك، قِدّتان من الخشب، مِسمار أو مِخرَز، خُطّافا تعليق لولبيّان، أربعة لوالب عينيّة الفَتحة (ذات حلقات معدنيّة مُقفلة)، قِصعتان من حَيط دوبارة متين، شمعة، دعامة قويّة، حِمل لرفعه (مثل كيس من البرتُقال).



1 اِسأل واحدًا أن يعمَل في كلٍّ من قِدّتَي الخشب ثقبًا أوّليًّا بواسطة مِسمار أو مِخرَز – ليكن في وسط أحد حافَتَي القِدّة ثقب وفي الجانب الآخر ثقبان يبعُدان عن الطرفَين بُعدًا واحدًا. لولِبْ في كلّ قِدّة خشب خُطّاف تعليق في موضِع الثقب الأوّليّ المُفرَد، ولولَبين عينيَّين في ثقبَي الجانب المقابل. استخدِمْ أحد الخَيطَين لتُعلِّق قِدّة خشب بخُطّاف الدِّعامة. أدلِك الخَيط الآخر بطرف الشمعة. الشمع يُقلِّل من الاحتكاك بين الخَيط والبكَرات.



2 أَسلِكِ الخَيط المُشمَّع عبر حلقات القِدَد الخشبيّة في نمط متعرِّج لتُشكِّل البكَرة. علِّق خُطّاف التعليق السُّفليّ حِملًا، ثمّ شُدَّ طرف الخيط السائب. ستَجِد أنّه يلزَمك من الجُهْد لرفْع الحِمل بواسطة البكَرة أقلّ ممّا يلزَمك لرفْعه مباشرةً. جرِّبْ أن تُسلِك الخَيط بطرق مختلفة لتُقارِن المجهود اللازم لرفْع الحِمل.

الوقت والحركة

نشعُرُ بمُرورِ الوقتِ حين ننظُرُ إلى عقاربِ الساعةِ تدورُ، أو حين نَرى أنفسَنا نكبُرُ عامًا بعد عامٍ. نَميلُ إلى التفكيرِ في الوقتِ على أنّه يتقدَّمُ في سرعةٍ مُنتظِمةٍ، لكنّ العالِمَ الألمانيَّ أَلْبِرْت آينشتايْن (1879-1955) بيَّنَ أنّ سرعةَ الزمنِ تتوقَّفُ على سرعةِ تحرُّكِنا. يُقاسُ الوقتُ بالثَّواني، والدقائقِ، والساعاتِ، والأيّامِ، والشُّهورِ، والسنواتِ. السنةُ هي الوقتُ الذي تَستغرِقُه الأرضُ لتَدورَ دورةً واحدةً حول الشمس، بينما اليومُ هو الفترةُ التي تَستغرِقُها الأرضُ في دوَرانِها حول مِحوَرِها مرّةً واحدةً. وقد قُسِّمتِ الأرضُ، ضبْطًا للوقتِ، إلى 24 منطقةَ تَوقيتٍ تفصِلُها خُطوطٌ تمتدُّ بين القُطبَينِ، ونُسمّيها خُطوطَ الطولِ. ويُقاسُ الوقتُ في كلّ منطقةٍ مُقارنةً مع خطِّ الطولِ 0° والذي يمُرُّ عبر غرينتْش في بريطانيا.

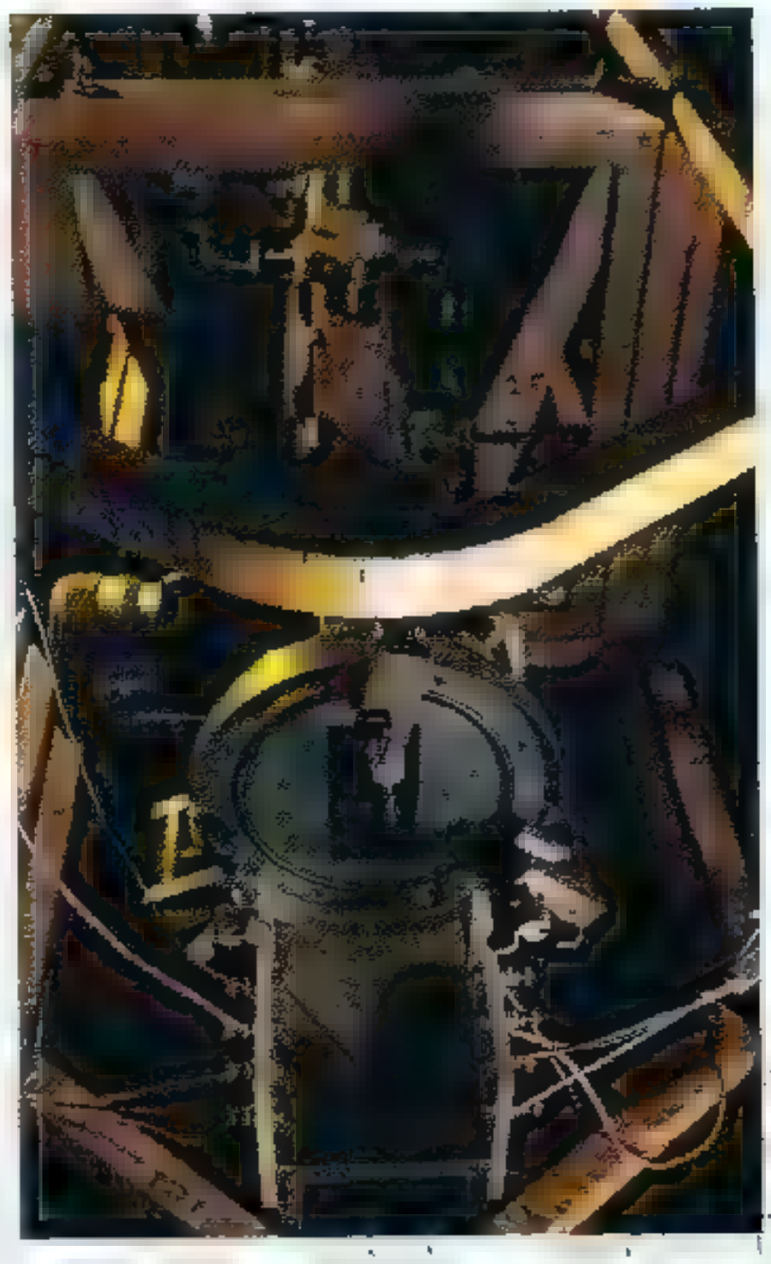
ساعة رَقْميّة

الساعات

تتحكَّم بالساعات آليّة ذاتُ حركة تتكرَّر بانتظام وعلى نحو مُتواصل. زُوِّدت الساعات القديمة لضبْط الوقت ببندول يَنوس، أو بنأرجَح. ساعات البندول الحديثة قد تُسرِع أو تُبطئ وقتًا يصِل إلى 0,01 ثانية في اليوم. أنوع عديدة من الساعات الصغيرة مُزوّدة بعجلة تَوازُن تتردَّد حيئة ودهدً في معدّل سرعة ثابت. وساعات اليوم يضبُطُها في الغالب ذبذبات بلّورات الكوارْتز. ساعات الكوارتْز أدقّ من أكثر ساعات البندول دقّةً.

الساعات الذرّيّة

عندما يقيسُ العُلماء الوقت فإنّهم يحتاجون إلى أن يَعرِفوه بدِقّة مُتناهية. الساعات العاديّة لا تَفي بالغرض. يستخدم العُلماء بدل ذلك نوعًا خاصًّا من الساعات يُعرف بالساعة الذرّيّة، وهي التي تضبُطُ الوقت فيها ذبذباتُ الذرّات أو لجُزيئات في الواقع، إنّ الساعة الذرّيّة هي من الدقّة بحيث إنّها تُستخدم لتحديد الثانية المِعياريّة. يُمكن للذرّات كلّها أن تمتصّ وتُطلق إشعاعات كهرُمغنطيسيّة، وتُقاس الثانية المِعياريّة بعدّ 9 192 631 770 دورة من ذبذبات المَوجات الراديويّة التي بإمكان ذرّات عنصر السّيزْيوم امتصاصها. هذه الصورة (إلى اليمين) تُري أوّل ساعة سيزْيوم ذرّيّة. وقد بُنيت في العام 1955 في المُختبَر الفيزيائيّ الوطنيّ في بريطانيا.



يحتفِل الناس في نيوزيلندا (غربيّ الخطّ) بالسنة الجديدة قبل نحو يوم كامل تقريبًا من سكّان ألاسكا (شرقيّ الخطّ)

الجانب الشرقيّ مُتأخّر يومًا عن الجانب الغربيّ

ألاسكا (الولايات المتّحدة الأميركيّة)

الإتّحاد الروسيّ

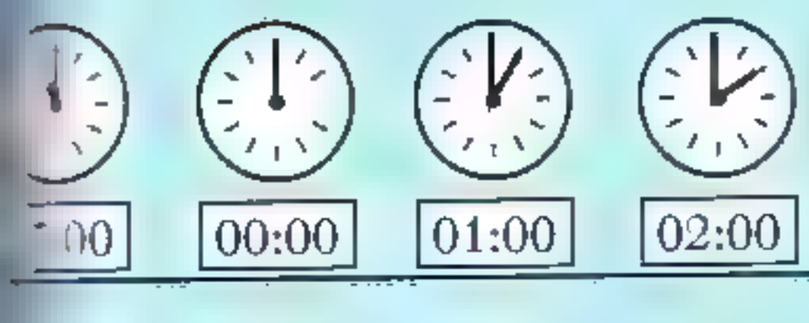
الفيدرالي

مَضيق بيرنغ

المُحيط الباسيفيكي

يَحيدُ خطّ التاريخ، أو خطّ تغيُّر تاريخ اليوم، عن مَساره عند خطّ طول 180° ليكون لمجموعات من الجُزُر وأطراف بعيدة لبعض البُلدان تاريخ اليوم نفسه.

نيوزيلندا



خطّ التاريخ

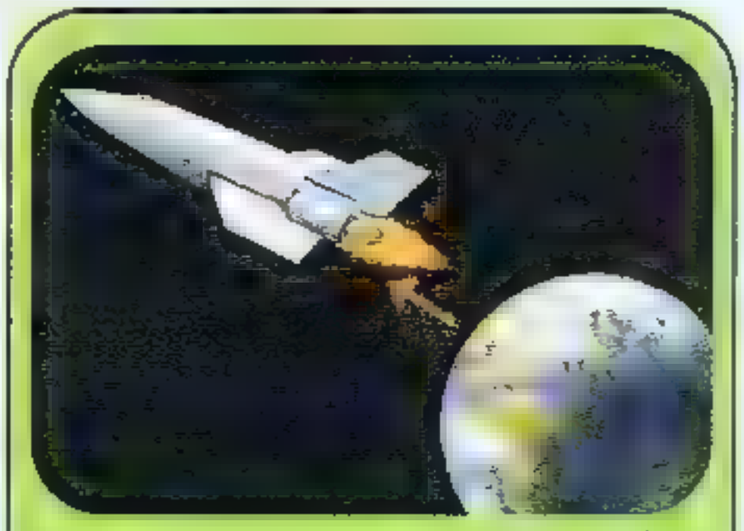
في مناطق التَّوقيت إلى الشرق من خطّ غرينتش 0°، يكونُ الوقت سابقًا لتَوقيت غرينتش المتوسِّط، أو تَوقيت غرينتش العالَميّ (GMT). في المناطق التي تقعُ غرب غرينتش يكون الوقت متأخِّرًا عن تَوقيت غرينتش. في مُنتصَف المسافة تمامًا حول الكُرة الأرضيّة من غرينتش يقعُ خطّ التاريخ الدَّوليّ (إلى اليمين). في الساعة 12 ظهرًا بتَوقيت غرينتش، يكونُ اليوم ينتهي على الجانب الغربيّ من ذلك الخطّ، وفي الوقت نفسه يكونُ اليوم يبدأ على الجانب الشرقيّ منه. بين جانبَي الخطّ فارِق يوم.

الساعة البيولوجيّة

الكثير من العمليّات التي تقومُ بها الكائنات الحيّة، مثل نَوم الناس، وهِجرة الحيوانات، وإزهار النباتات، تحدُثُ في فترات مُنتظِمة. هذه الفترات توقِّتها «ساعة بيولوجيّة» داخليّة، ويُظنّ أنّها بالنسبة إلى الإنسان أو الحيوان تكونُ في الدِّماغ. نشعُرُ بالساعة البيولوجيّة هذه حين نَطير عبر مناطق تاريخ عدّة. إذا كنت تترُك تورنتو مساءً فإنّك تصِل القاهرة صباحًا. في النهار ستشعُرُ بالتَّعاس. أمّا في الليل فستشعُرُ بعدم رغبة بالنوم. إحساسك بالتعب وبآثار أخرى إذ تتكيَّف ساعتك البيولوجيّة مع منطقة التاريخ الجديدة يُسمّى بوَهَن النقّاثات.

تَوقيت النُّجوم

في التَّوقيت الشمسيّ، يُساوي اليوم الواحد الوقت الذي تستغرِقُه الأرض في تَدويمها حول محوَرها بالنسبة إلى الشمس. لمّا كانت الأرض، إذ هي تدوِّمُ، تدور حول الشمس أيضًا، تبدو النُّجوم في مَواضع مختلفة من السماء في الوقت نفسه من كلّ ليلة. لتحديد مَواضِع النُّجوم، يستخدِم الفَلَكيّون التَّوقيت النَّجميّ، أو الفَلَكيّ (الوقت بالنسبة إلى النُّجوم) لا التَّوقيت الشمسيّ. اليوم النَّجميّ هو الوقت الذي تستغرِقُه الأرض لتدوِّر مرّة واحدة بالنسبة إلى نَجم معيّن. دوران الأرض هو السبب الذي يجعَل النَّجم يظهَر وكأنّه يتحرَّك في دوائر، كما تُري هذه الصورة الفوتوغرافيّة البطيئة التَّصوير.



السفَر عبر الزمن

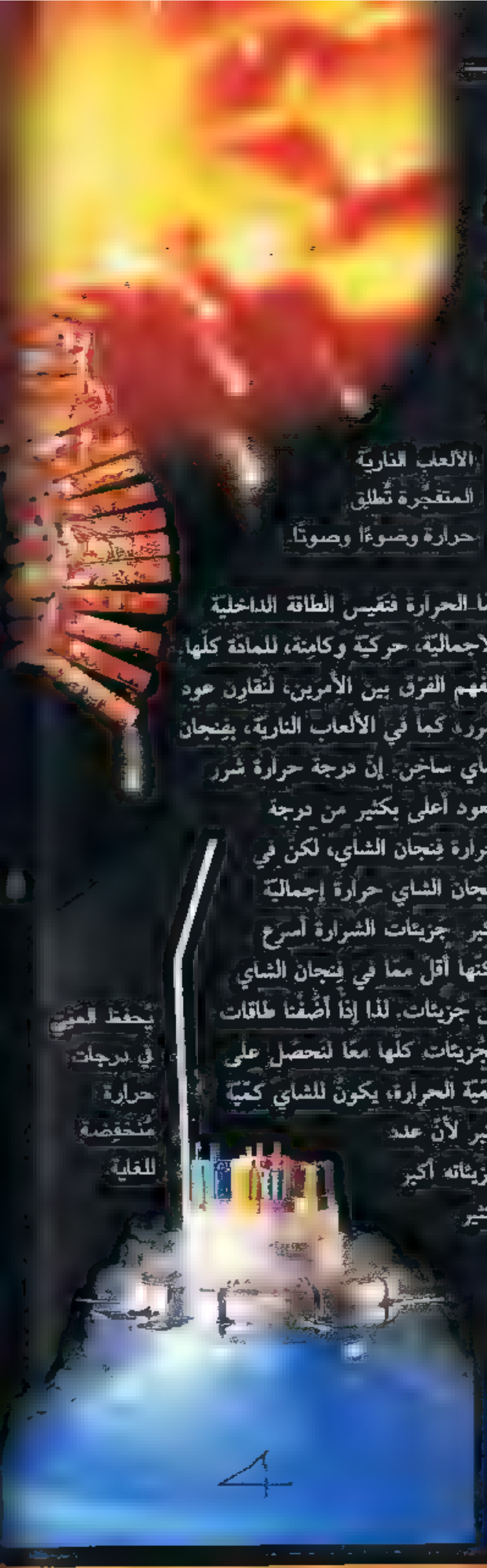
رأى آينشتاين أنّ السفَر عبر الزمن إلى المُستقبل مُمكِن. نظريّة النسبيّة التي نشرَها في العام 1905 تقول إنّ الزمن يُسرِع أو يُبطئ وَفقًا للسرعة التي ترتحِل بها. على سبيل المثال، إذا قُمت برحلة حول الكون في عربة فضاء استغرَقَت عامًا، بسرعة تقِلّ 1% من سرعة الضوء، يكونُ الزمن أبطأ بالنسبة إليك. في الواقع يكونُ الزمن من البُطء بحيث إنّه على الرغم من أنّ الساعة التي تحمِلُها تُريك أنّه قد مرَّ عام على الرحلة، فإنّه يكون قد مرَّ على سكّان الأرض في تلك الفترة سبع سنوات. لذا عندما تعودُ إلى بَلَدك، تكونُ قد سافَرت ستّ سنوات عبر المُستقبَل. لا يعلَم أحد ما إذا كان السفَر إلى المُستقبَل أمرًا مُمكِنًا. لكن حيث إنّ الزمن والفضاء مُرتبِطان، يظُنّ بعض العُلماء أنّ السفَر عبر أنفاق الديدان، كما يُسمّونها (أي الأنفاق التي تصِل بين نُقطتَين في «زمن الفضاء»)، يُمكِن أن يقودَنا إلى الماضي.

الحرارة والصَّوت

الصورة: مَوجات صدْميّة تتشكَّل حول مُجسَّم طائرة مصغَّر عندما يبلُغ الهواءُ سرعة الصَّوت.

جُزيئات تتحرَّك

تَستلقي عل الشاطئ للتشمُّس، وتَنصتُ إلى الأمواج تتكسَّر على الشاطئ ، وتكونُ الطبيعةُ في هذه الأثناءِ تقذِفُك بالطاقة. حرارةُ الشمس وصوتُ الأمواج شكلانِ من أشكالِ الطاقةِ يمكننا ملاحظتُهما؛ الحرارةُ نشعرُ بها والصَّوتُ نسمعُه. كِلا الحرارة والصَّوت ينطويانِ على حركةِ الجُزيئات. الحرارةُ هي الطاقةُ التي تكونُ للجُزيئات. وكثيرًا ما نُسميها طاقةً داخليّةً وطاقةً حراريّةً. الصَّوتُ هو أيضًا دبدباتٌ، أو اهتِزازاتٌ متحرِّكةٌ، وهي تهزُّ الجُزيئاتِ التي تمرُّ عبرها فتلتقِطُ آذانُنا صوتَ اهتِزازِها.



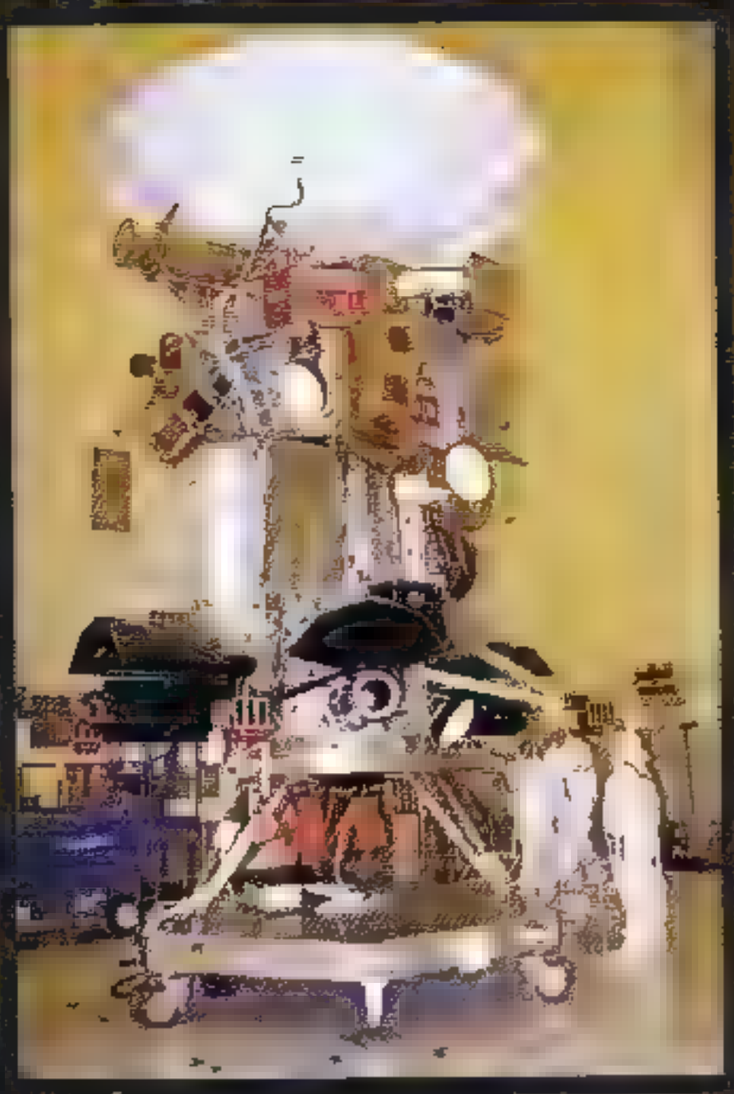
الألعابُ النارية المتفجِّرة تُطلِق حرارةً وضوءًا وصوتًا.

مصادر الحرارة

الشمس هي مصدرُ الحرارة الرئيسيّ للأرض. وهي تجعلُ عالمَنا من الدفء بحيث يقدِرُ الإنسانُ على العيش فيه. وكذلك تقدِرُ ملايين الأنواع المختلفة من النباتات والحيوانات. لكنّ لا نستطيعُ أن نستخدِمَ من هذه الحرارة مباشرةً إلّا جانبًا ضئيلًا، على سبيل المثال، في مشاريع الطاقة الشمسيّة. نحصُلُ على معظم الحرارة التي نستخدِمُها في بيوتنا وفي صناعاتنا بحرق الوَقود، مثل النفط والغاز الطبيعي. الوَقود تطلِقُ عند حرقِها حرارة. وهذه الحرارة يمكن تحويلُها إلى أشكالٍ أخرى من الطاقة، مثل الكهرباء. بالمقابل، يمكن أن تعود الكهرباء وتتحوّل إلى حرارة ثانيةً، في المواقِدِ الكهربائيّة، مثلًا.

محرّكات حراريّة

المحرّكات التي تُشغِّلُ سياراتِنا وأوتوبيساتِنا وسُفُنَنا وطائراتِنا كلُّها تُحرِقُ وَقودًا وتسخّر حرارة الوَقود. ولهذا نُسميها محرّكات حراريّة. معظمُ الوَقود الذي نستخدِمُه مصدرُه النفط الخام. النفط نُحوِّله إلى بنزين لمحرّكات السيارات، وإلى زيت ديزل لمحرّكات الأوتوبيسات والسُّفُن، وإلى كيروسين لمحرّكات الطائرات النفّاثة. المحرّكات الحراريّة ليست عالية الكفاءة في تسخير حرارة الوَقود. يستغِلُّ محرّكُ البنزين نحو رُبع الطاقة التي تكون في الوَقود. الباقي يضيعُ على شكلِ حرارة تنطلِقُ مع غازات العادِم، واحتكاك بين الأجزاء المتحرّكة.



يحتوي مِسبارُ الفضاء كاسيني على مولِّد يُشغَّل بكهرباء حراريّة.

درجات الحرارة

نقيسُ حرارةَ شيءٍ بمعرفة درجة حرارته. لكنّ درجة الحرارة ليست هي نفسها الحرارة، أو كمّيةَ الحرارة. فدرجةُ الحرارة تقيسُ الطاقةَ الحركيّةَ في الجُزيئات.

أمّا الحرارة فتقيسُ الطاقةَ الداخليّةَ الإجماليّةَ، حركيّةً وكامِنة، للمادّة كلِّها. لنَفهم الفرقَ بين الأمرين، لنقارِن عودَ شررٍ، كما في الألعاب النارية، بفِنجانِ شاي ساخِن. إنّ درجةَ حرارة شرر العود أعلى بكثير من درجة حرارة فِنجان الشاي، لكنّ في فِنجان الشاي حرارةً إجماليّةً أكبر. جُزيئاتُ الشرارة أسرع لكنّها أقلُّ ممّا في فِنجان الشاي من جُزيئات. لذا إذا أضَفْنا طاقاتِ الجُزيئات كلِّها معًا لنحصُلَ على كمّيّة الحرارة، يكونُ للشاي كمّيّةٌ أكبر لأنّ عددَ جُزيئاته أكبر بكثير.

يحفظ المعي في درجات حرارة منخفضة للغاية

جدول زمني

1592 العالم الإيطالي غاليليو جاليلي يخترع الترمومتر ويدعوه ثرموسكوبًا

1658 العالم الإيرلندي روبرت بويل يبرهن على أنّ الصوت لا ينتقل في الفراغ

1698 المهندس الإنجليزي توماس سيفري يخترع محرّكة بخاريّة أوّل مرّة في العالم

1714 الفيزيائي الألماني دانيال فارنهايت يصنع ترمومترًا بدرجات فارنهايت

1824 المهندس الفرنسي سادي كارنو يدرس الديناميكا الحرارية

1842 الفيزيائي النمسوي كريستيان دوبلر يفسّر ظاهرة انتقال الصوت

حرارة مُتحرّكة

إذا خرجت من المنزل في يوم بارد من غير ثياب كافية، تتسرّب الحرارة من جسمك الدافئ إلى الهواء البارد من حولك. وعندما تعودُ إلى داخل المنزل، تنتقل الحرارة من المدفأة إلى جسمك البارد فتدفئه. كلّما انتقلت الحرارة، تنتقل من جسم أدفأ إلى جسم أبرد. هذا قانون أساسي من قوانين الديناميّة الحراريّة، وهي التي تتناول دراسة الحرارة وانتقال الطاقة. لإنتقال الحرارة، أو تحويلها، ثلاث طرق – التوصيل، الحَمل (أو التصعّد)، والإشعاع. في التوصيل والحَمل، تمرر جزيئات الحرارة. في الإشعاع، ما من حاجة إلى وسيط، ويمكن أن يتم الإشعاع في الخواء.

الحرارة تشع من حنوة حصان متوهّجة بالحرارة.

الموجات الصّوتيّة

الصوت لا ينتقل عبر الخلاء. تحمل الصوت موجات يتسبّب بها جُزيئات مُهتزّة. في الخواء، ما من جزيئات وبالتالي ما من أصوات. عالمنا حافل بالأصوات لأنه محاط بالهواء. لكنّ القمر صامت إذ لا هواء فيه. نميل إلى الإعتقاد أنّ الأصوات لا تنتقل إلّا عبر الهواء. لكنّ الأصوات تنتقل عبر أيّ مادّة. إذا وضعت ساعة تُتكتِك على طاولة، ثمّ وضعت أُذنك على الطاولة، ستسمع التكتكة عالية وواضحة. ينتقل الصّوت عبر جزيئات الطاولة.

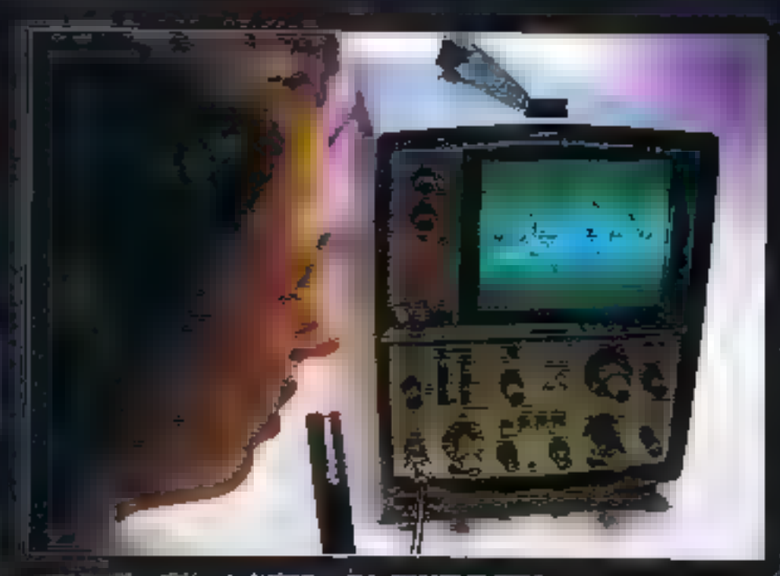
تعالب الفنك تستطيع بآذانها الكبيرة أن تلتقط أخفت الأصوات.

الآذان والأصوات

يسمع الناس أصواتاً عندما تنتقل ذبذبات عبر الهواء أو عبر مادّة أخرى، وتصل إلى آذانهم. معظم الحيوانات تلتقط الأصوات بالطريقة عينها، وبالآذان التي تكون في رأسها. لكنّ بعض الحيوانات تختلف عن ذلك. للجُدجُد، على سبيل المثال، «آذان» على قوائمه. البعوض يلتقط الأصوات بلامسته أو قرني استشعاره. بطبيعة الحال، الأصوات لا تُسمع فحسب بل هي تنبعث وتنطلق أيضاً. الإهتزازات هي أيضاً مفتاح انبعاث الأصوات. عندما تتكلّم، تتسبّب باهتزاز حُزَم نسيجيّة في حلقنا، وهي حُزَم تسميها حبالاً صوتيّة. وهذه تتسبّب باهتزاز الهواء الذي يخرج مع تنفسنا.

ضجيج وموسيقى

عالمنا حافل بالأصوات. أناس يتكلمون ويعزفون الموسيقى، وضجيج حركة السير. وهكذا. الأصوات العالية يمكن أن تتلف الآذان. من هذه الأصوات ما هو لطيف، كالموسيقى الهادئة، ومنها ما هو مزعج، كالضجيج. كثيراً ما يكون الفرق بين الأصوات اللطيفة والأصوات المزعجة في طبيعة الإهتزازات. الموسيقى مشكّلة من اهتزازات منتظمة تتوزع على فواصل زمنيّة منتظمة أيضاً، فيكون بإمكان الدماغ فرزها وتقبّلها. أمّا الضجيج فيتشكّل في الغالب من اهتزازات غير منتظمة على فواصل زمنيّة غير منتظمة أيضاً، فلا يكون بإمكان الدماغ فرزها والتكيّف معها.



تظهر أنماط الصوت على شاشة مِكشاف الذبذبة.

يُعرّف على الزيلوفون بالطرق.

الحرارة ودرجة الحرارة

الحرارةُ هي شكلٌ من أشكالِ الطاقةِ - وهي مُنتشِرةٌ حولَنا وحوالَينا. الحرارةُ نَجِدُها في الهواءِ، في البحرِ، في الصُّخورِ، في أجسامِنا، ونَجِدُها حتّى في الحليدِ والثلجِ. في كلِّ هذه الأشياءِ حرارةٌ، أو طاقةٌ داخليّةٌ، لأنّ جُزيئاتِها تتحرَّكُ. على أنّ الجُزيئاتِ في كلٍّ من هذه الموادِّ تتحرَّكُ بسرعةٍ مختلفةٍ. فهي، على سبيلِ المثالِ، تتحرَّكُ أسرعَ في أجسامنا من حركتِها في الثلجِ، وهذا يَعني أنّ أجسامَنا أدفأُ من الثلجِ. يُستخدَمُ مِقياسُ درجاتِ الحرارةِ - مقياسُ الطاقةِ الحراريّةِ - ليُبيِّنَ لنا مَدى سُخونةِ الأشياءِ أو بُرودتِها.

حرارة الأرض

الصُّخور في أعماق بطن الأرض ساخنة. في المناطق البُركانيّة، تكون الصُّخور الساخنة قريبة من سطح الأرض. عندما تتسرَّب مياه في فُتحة عميقة بين الصُّخور الساخنة، تَعلي وتتبخَّر. وعندما تتعاظم ضغط البُخار، يدفع الماء عالياً مُعيداً إيّاه عبر الفُتحة على شكل نافورة تُسمّيها حَمَّة، أو ينبوع حارّ. وقد سَخَّر المُهندسون في بعض المناطق هذه الطاقة الحراريّة الأرضيّة لتوليد الكهرباء.

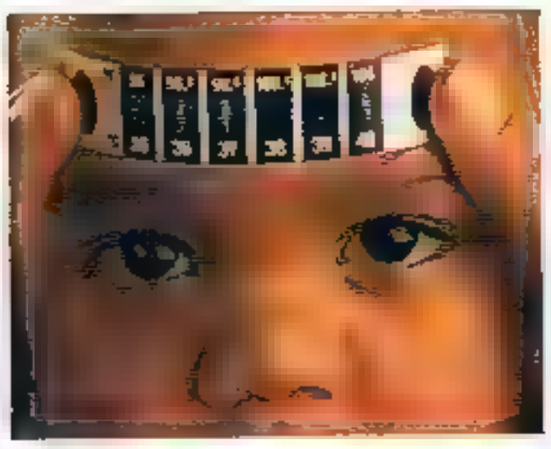
حمَّة بوهوتو (الفوّار الكبير)، لحظة ثَوَرانها، وهي أكبر حمّات نيوزيلندا.

حرارة خافية

في الأيّام الحارّة نعرَق كثيرًا. تَفور أجسامُنا قطرات صغيرة من الماء تتبخّرُ في الهواء. في البخّر، تَستهلك الماء حرارةً. لذا يَستخلِص حرارة من جلدنا، وذلك يُساعد في ابتِرادنا. نُسمّي هذه الحرارة حرارة كامِنة، وهي التي تُستخلَص أو تُطلَق عندما تتغيَّر حالة المادّة. معظم حالات تغيُّر المادّة، مثل الإنصهار أو الغلَيان، تحدُثُ في درجات حرارة معيَّنة.

قياس درجة الحرارة

نقيسُ درجات الحرارة بالترمومتر. الترمومتر الشائع يعمَل بمبدأ تمدُّد السوائل عند ارتفاع درجة الحرارة. وهو يتشكَّل من سائل (وهو الزئبَق عادةً أو كُحول طبّيّ ملوَّن) في أُنبوب زُجاجيّ ضيِّق. عند ارتفاع الحرارة، يتمدَّد السائل ويرتفع في الأُنبوب. في ترمومتر شريط الضغْط تُستخدَم بِلّورات سائلة خاصّة تتغيَّر ألوانها عند تغيُّر درجة الحرارة. في العِلم، تُقاسُ درجات الحرارة بمِقياس سلسيوس. على هذا المِقياس، يتجمَّد الماء بـ 0° ويَغلي بـ 100°. درجة حرارة الجسم الطبيعيّة هي 37°.



قياس درجة حرارة طفل بشريط قياس حراريّ

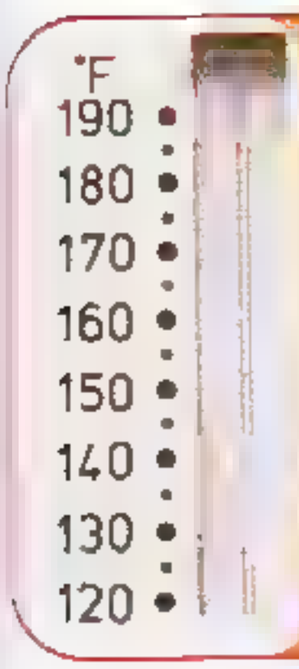
قياس درجة حرارة فُرن بپيرومتر.

حرارة عالية

الترمومتر العاديّ لا ينفَع لقياس درجات الحرارة الشَّديدة الإرتفاع، مثل الأفران أو الحُمَم البُركانيّة المُتوهِّجة بالحرارة. في مثل هذه الحالات يُستخدَم بدل ذلك نَبيطة تُسمّى پيرومترًا، أي مِقياس النار. تُماثِل هذه النَّبيطة لَون سِلْك كهربائيّ دقيق مُتوهِّج بالحرارة بلَون جسم ساخن. عندما يتطابَق اللَّونان، تكونُ درجتا الحرارة مُتساوِيتَين. درجة حرارة السِّلْك تُحسَب من التيّار الكهربائيّ المارّ عبره.

مِقياس فارنهايت

في العام 1714، صَنَعَ الفيزيائيّ الألمانيّ دانيال غابريال فارنهايت (1736-1686) أوّل مِقياس زَئبقيّ، وابتكَرَ مِقياسًا لدرجات الحرارة أسماه باسمه. في هذا المِقياس، يتجمَّد الماء في 32° ويغلي في 212°. درجة حرارة الإنسان الطبيعيّة هي 98,6°.



تَعال نُجرِّب
صُنْع ترمومتر

بإمكانك أن تصنَع ترمومترًا بسيطًا مُستخدِمًا الماء الذي يتمدَّد ويتقلَّص إذ تتغيَّر درجة الحرارة حوله. **اللوازم:** قِنّينة صغيرة؛ مَعجون تَشكيل؛ أُنبوب بلاستيكيّ طويل مثل قَشّة شُرْب (شفّاطة)؛ حِبر؛ ماء؛ ورق مُقوّى؛ شريط لاصِق؛ قلم؛ مِسطَرة؛ ثلّاجة؛ خِزانة تَهوية؛ ترمومتر مُدرَّج من 0 إلى 50°س.

1 إملأ قنّينة إلى حافّتها العُليا بماء ملوَّن بحبر. إستخدِم معجون التشكيل لتصنَع شكل سدادة للقنّينة. إغرِز الأُنبوب البلاستيكيّ عبر سدادة معجون التشكيل، وتأكَّد أنّ الهواء لا يتسرَّب منها. إدفَعْ سدادة معجون التشكيل ومعها القشّة في عُنُق القنّينة، فيَرتفِع السائل في الأُنبوب. ألصِق قطعة من الورق المقوّى على الأُنبوب لتكون مِقياسًا.

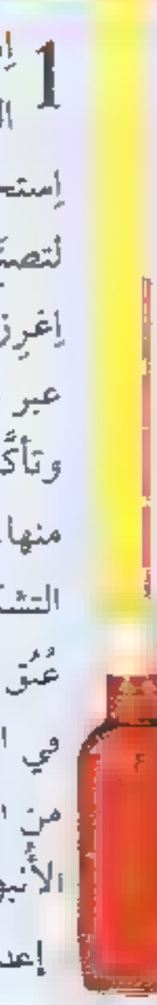
إعداد المقياس

2 الآن يلزمك أن تدرِّج مِقياسك ليُريَ درجات الحراره. ضعْه في ثلّاجة مع الترمومتر الآخر. بعد نحو نصف ساعة، أخرِجْ ترمومترك. علِّم على لمقياس المَوضِع الذي يكون مُستوى الماء قد وصل إليه. اكتُبْ إلى جانب العلامة درجة الحرارة الظاهرة على الترمومتر الآخر.

في الثلّاجة

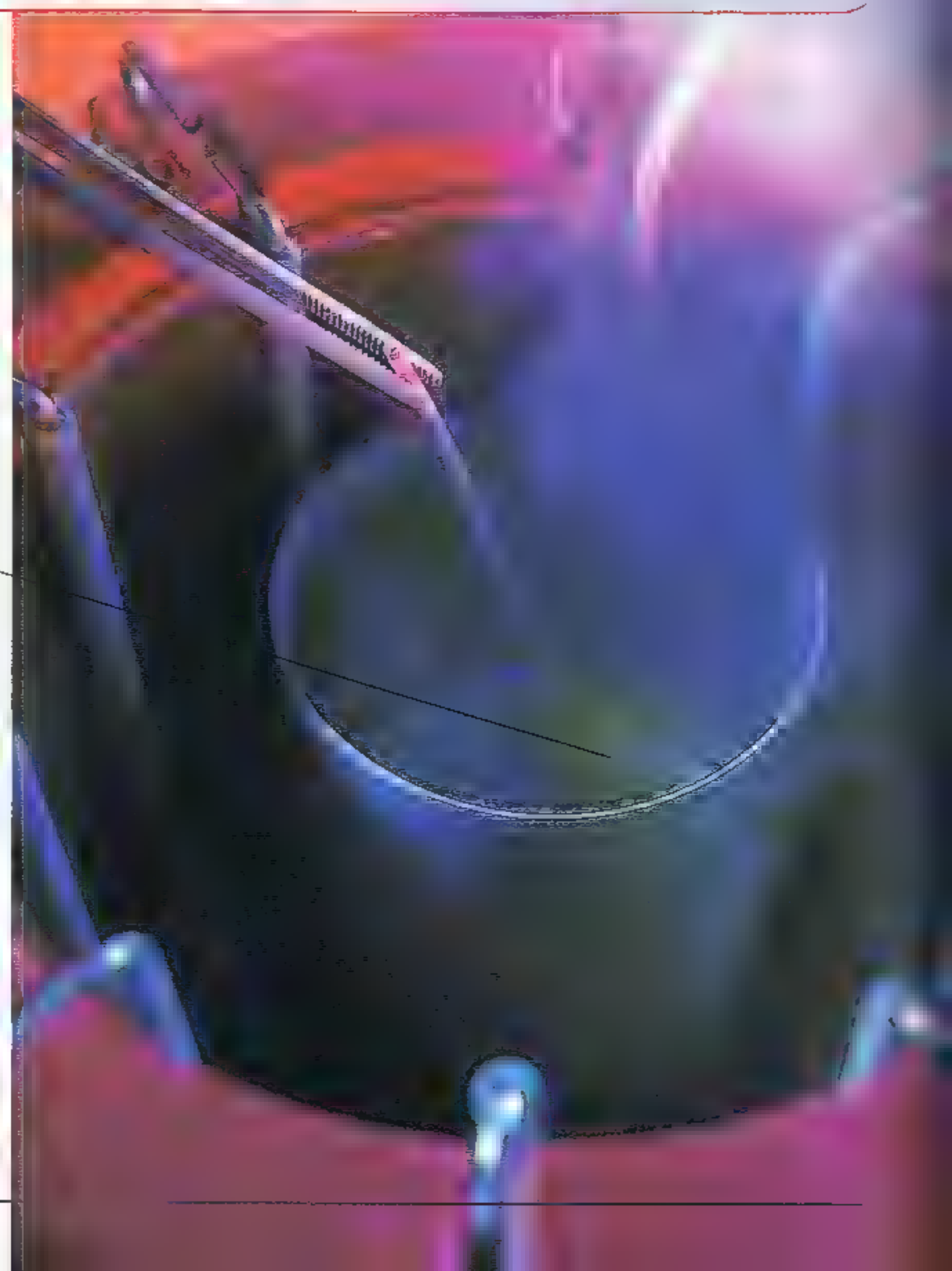
3 الآن ضعْ ترمومترك في خزانة تهوية (حيث يكون الهواء دافئًا)، ومعه أيضًا الترمومتر الآخر. إذا لم يكن في المنزل خزانة تهوية، عطِّس القنّية والترمومتر في دَورَق من الماء الدافئ. بعد نحو نصف ساعة، أَخرِجْ ترمومترك وعلِّمْ حيث وَصَلَ مُستوى الماء. دوِّنِ الحرارة الظاهرة على الترمومتر الآخر

في خِزانة التَّهوية



4 يلزَمك الآن لإكمال مقياسك أن تُقسِّم المسافة بين النُّقطتَين اللتَين علَّمتهما أقسامًا مُتساوية. إذا كانت الدرجة المُنخفِضة 4°س والعالية 44°س، فعليك أن تُقسِّم المسافة بينهما إلى 40 جُزءًا. بعد أن تفعَل ذلك، يكون ترمومترك قد صار جاهزًا للإستعمال.

التَّدريج



عِلم بارِد

المرّة لمتحمّدة الحيويّة، الأنتركْتِكا، هي أشدّ بِقاع الأرض بُرودة، وهناك تسقُط الحرارة إلى – 89°س. بإمكان العُلماء أن يولِّدوا درجات حرارة أقلّ من ذلك كهبة لتحويل العبارات إلى سوائل بل لتجميدها. دراسة درجات الحرارة الفائقة الانخفاض تُسمّيها فيزياء الصَّرّدات. أشدّ درجات الحرارة النظريّة التي يُمكِن الوصول إليها هي ما يُسمّى بالصِّفر المُطلَق (–273,15°س)، حيث تتوقَّف كلّ حركة الجُزيئات. وهي نُقطة البدء لمِقياس كالڤِن لدرجات الحرارة، والذي يَشيعُ استخدامه في العِلْم. الوحدات على هذا المِقياس تُسمّى كالڤِنات (ك). الصِّفر المُطلَق هو 0 ك، ونُقطة تجمُّد الماء هي فوق 273 ك بقليل.

عَيّنة من مَنيّ إنسان، محفوظة في خزّان من النِّتروجين السائل (نحو 196°س، 77 ك).

موادّ فائقة

في درجات حرارة تُقارب 20 ك (–253°س) وما دون، تُصبِح بعض المعادن والسَّبائك موصِّلات فائقة للتَّوصيل، قادِرة على تمرير لكهرباء من غير أيّ مُقاوَمة. في نحو 4 ك (269°س)، يُصبِح سائل الهليوم مائعًا فائقًا ويُمكِن أن يَسيلَ من غير احتِكاك.

الهليوم السائل يُبرِّد المُعدّات عن سَوائِل الأشعّة تحت الحمراء

الطاقة الحراريّة والمُحرِّكات

عندما نُشعِل نارًا نستدفئ بها، تأتينا الحرارة من تفاعُلٍ كيماويٍّ. هذا التفاعُل هو احتراق. عندما تحترق الوَقُد، تتحد كيماويًا مع أُكسجين الهواء، ونتيجة لهذه العمليّة، تنبعث طاقة حراريّة نسمي هذا تفاعُلًا طارِدًا للحرارة، ويعني أنه تفاعُل مُطلِق للحرارة. على أنّ بعض التفاعُلات الكيماويّة تتلقى الحرارة ونسميها لذلك تفاعُلات ماصّة للحرارة. الحرارة التي نتلقاها من احتراق الوَقُد هي مصدر القُدرة لسائر محرّكاتنا الشائعة، والتي تُشغِّل السيّارات والأوتوبيسات والسُّفن والطائرات. ولهذا نحن نسميها محرّكات حراريّة.

حرارة كيماويّة

عندما يُسخَّن فِلزّ المَغنيسيوم وأكسيد النُّحاس معًا، يتفاعلان مُشكِّلين مواد كيماويّة جديدة بل ويُطلِقان مزيدًا من الحرارة (إلى اليسار). هذه الحرارة الإضافيّة هي نتيجة إعادة ترتيب للتَّرابُط بين العناصر المُتفاعِلة. التَّسخين يُفكِّك الرَّوابط بين العناصر في المواد الكيماويّة الأصليّة، وتمتص طاقة. ثم تُشكِّل العناصر روابط جديدة بعضها مع بعض ينتج عنها مواد كيماويّة جديدة، وتنبعث نتيجة ذلك طاقة حراريّة. لكنّ الحرارة المُنبعِثة من تشكُّل روابط جديدة أشد بكثير من الحرارة الممتصّة عند تفكُّك الرَّوابط القديمة، لذا يكون التفاعُل مُطلِقًا للطاقة إجمالًا، أي تفاعُلًا طارِدًا للحرارة.

التفاعُل الطارِد للحرارة بين فِلزّ المَغنيسيوم وأكسيد النُّحاس يولِّد لهبًا شديدًا أبيض التوهُّج.

نيازك

عندما يَدلُك جسمان معًا، يسخنان. الاحتكاك بين سطحين يولِّد حرارة. كلما عجَّلت بالدَّلْك وكلما كان السطحان أخشن، كانت الحرارة المتولِّدة أشد. عندما تسقط من الفضاء أجزاء صغيرة من الصُّخور وتدخل جو الأرض تكون سرعتها 60 000 كم/سا أو ما يزيد عن ذلك. احتكاك أجزاء الصُّخور بجزيئات الهواء في تلك السرعة يكون من الشِّدّة بحيث توهِّج تلك الأجزاء توهُّجًا أحمر أو أبيض وتحترق. نرى مسار هذه الأجزاء الصخرية المُلتهبة في سماء الليل ونسميها نيازك أو شُهُبًا، ويسميها بعضهم نجومًا هاوية.

جيمْس جول

في الأربعينيّات من القرن التاسع عشر، كان الفيزيائيّ الإنجليزيّ جيمْس جول أوّل من أدرَكَ أنّ الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة. لذا ابتكَرَ نِظامًا لقياس الحرارة المتولِّدة من الطاقة الميكانيكيّة. وَحدة الطاقة، الجول (ج)، سُمِّيَت باسْمه.

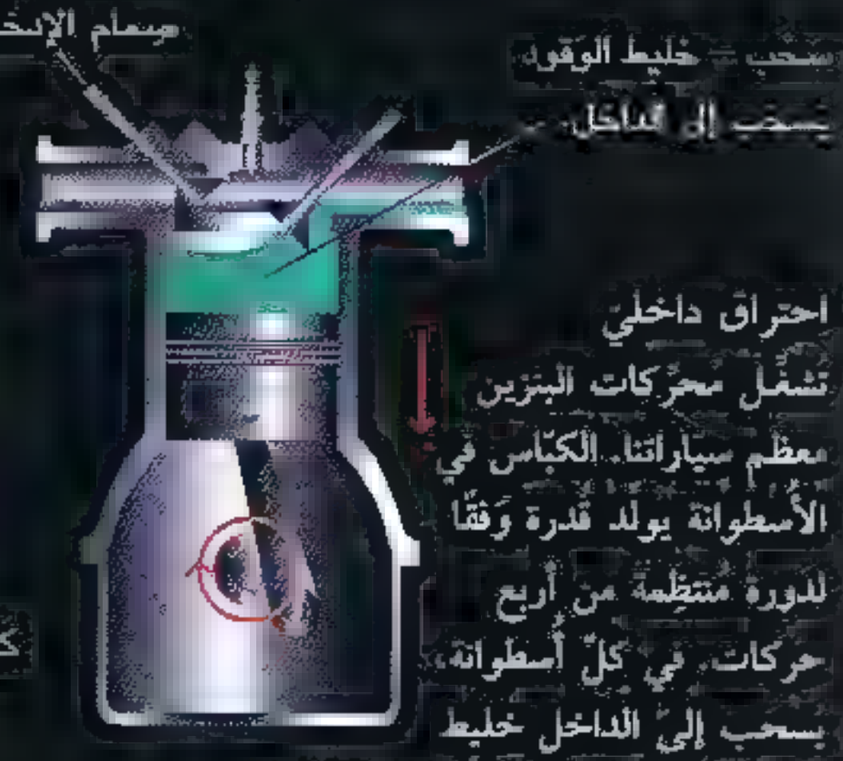
جيمْس جول
(89-1818)

المُحرِّكات الحرارية

مثلما أنّ الطاقة الميكانيكيّة يُمكِن تحويلها إلى حرارة (كما يرهن جول)، كذلك يُمكِن تحويل الحرارة إلى طاقة ميكانيكيّة. تُسمّى المَكِنات التي تقوم بذلك مُحرِّكات. المُحرِّكات الأولى سخّرت طاقة البُخار الحراريّة. الشكل الحديث من المُحرِّك البُخاري نجده في التوربين البُخاري. يُصنّف على أنّه مُحرِّك احتراق خارجيّ لأنّ وَقوده يحترق خارج المُحرِّك. في معظم المُحرِّكات الأخرى، مثل المُحرِّكات التي تعمل على البنزين والديزل ومُحرِّكات الطائرات، يحترق الوَقود داخل المُحرِّك، لذا تُصنّف على أنّها مُحرِّكات احتراق داخليّ.

احتراق خارجيّ

التوربينات البُخارية تشغّل هذا المولّد في محطّة توليد الطاقة من الفحم الحجريّ. حرارة الفحم المُحترق تحوّل الماء في مرجل إلى بُخار. ومن ثَمّ يوجّه البُخار إلى سلسلة من التوربينات فتدوم وتولّد الكهرباء.



احتراق داخليّ

تشغّل مُحرِّكات البنزين معظم سياراتنا. الكبّاس في الأسطوانة يولّد قُدرة وَفقًا لدورة منتظمة من أربع حركات. في كلّ أسطوانة، يُسحب إلى الداخل خليط من البنزين والهواء، ويُضغط، ثمّ يُشعَل بواسطة شمعة إشعال كهربائيّة. الغازات الساخنة التي تتولّد عن الاحتراق تتمدّد وتدفع الكبّاس مولّدةً قُدرة. أخيرًا، تُزال غازات الاحتراق وتُدفع إلى الخارج عبر العادِم.

تَعال نُجرِّب
صنْع قارب بُخاريّ

هذا القارب يُسخِّر طاقة شمعة مُحترِقة. حرارة اللهَب تُحوِّل الماء في العبوة إلى بُخار. البُخار يدفع الماء خارجًا من أُنبوب ممّا يدفع القارب إلى الأمام. يبرُد البُخار من فوره، ويتكثّف، ويرتدّ صعودًا في الأُنبوب على شكل ماء. هذه العمليّة تدفع القارب في الماء على دفعات.

اللوازم: راشد يُساعِد؛ قِنّية بلاستيكيّة طريّة، سكّين؛ أُنبوب معدنيّ طريّ قُطره 3 مم؛ قاطِعة أنابيب؛ ورق صَنفَرة؛ قلم رصاص؛ مِسمار؛ شمعة؛ شريط لاصِق؛ عود ثقاب؛ وِعاء ماء.

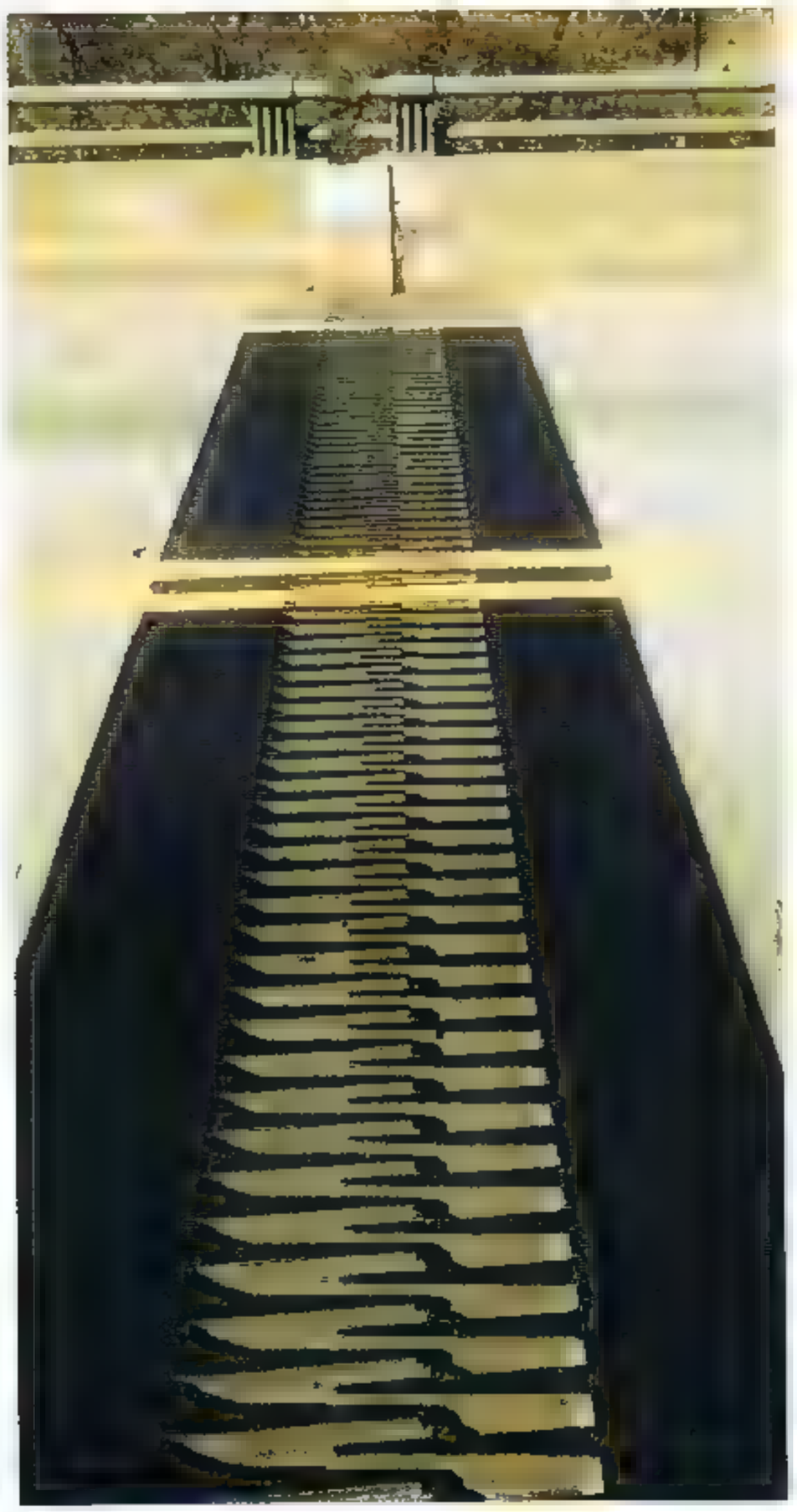
1 إسأل راشدًا أن يقُصّ القنّية طوليًّا إلى نصفَين وأن يقُصّ الأُنبوب المعدنيّ إلى نحو ضعْف طول القنّية. يَرِدخ طرفَي الأُنبوب. لِفّ الأُنبوب حول قلم رصاص برِفْق لعمل لفيفة. إستخدِم المِسمار لتثقُب فُتحتَين في الطرف الخلفيّ من القارب وادفع الأُنبوب عبرهما حشرًا بحيث لا ينسرّب منهما ماء. ألصِق الشمعة إلى قاع القارب و لُفّ الأُنبوب برِفْق بحيث تستقرّ اللفيفة مباشرةً فوق اللهَب.

2 إملأ الأُنبوب بالماء بأن تصبّ أحد طرفيه في الماء وأدِر تشفيط من الطرف الآخر بانتباه. ثمّ ضع القارب على سطح وِعاء كبير من الماء، على أن يكون طرفا الأُنبوب كِلاهما تحت سطح الماء. أشعِل الشمعة. بعد بضع ثوانٍ، يبدأ القارب بالتحرُّك في سلسلة من الدفعات. ما دام للقارب مصدَر حرارة وما دام المُحرِّك مليئًا بالماء، يُتابِع القارب تحرُّكه.

قاربك البُخاريّ يتحرّك على دفعات.

التمدُّد والتقلُّص

تكونُ أغطيةُ المرطباناتِ (البرطماناتِ) أحيانًا شديدةَ الإحكامِ حتّى ليَصعُب فتحُها. لكنْ لو وَضَعتَها تحت ماءِ الحنفيّةِ (الصُّنبورِ) الساخنِ، لوَجَدت أنّها تَنفتِحُ بشيءٍ من السهولةِ. ذلك أنّ حرارةَ الماءِ تُمدِّدُ الأغطيةَ. تتمدَّدُ معظمُ الأشياءِ عند التسخينِ. تعريضُ الموادِّ للحرارةِ يجعَلُ جُزيئاتِها تهتزُّ، أو تدورُ دوَرانًا سريعًا، فتَشغَلُ حيِّزًا أكبَر. من ناحيةٍ أخرى، عندما يبرُدُ جسمٌ، فإنّه يتقلَّصُ. تقِلُّ حركةُ جُزيئاتِه فتَشغَلُ حيّزًا أقلَّ. الموادُّ كلُّها تقريبًا – الجوامدُ والسوائلُ والغازاتُ – تتمدَّدُ أو تتقلَّصُ بفِعلِ تغيُّراتِ الحرارةِ.

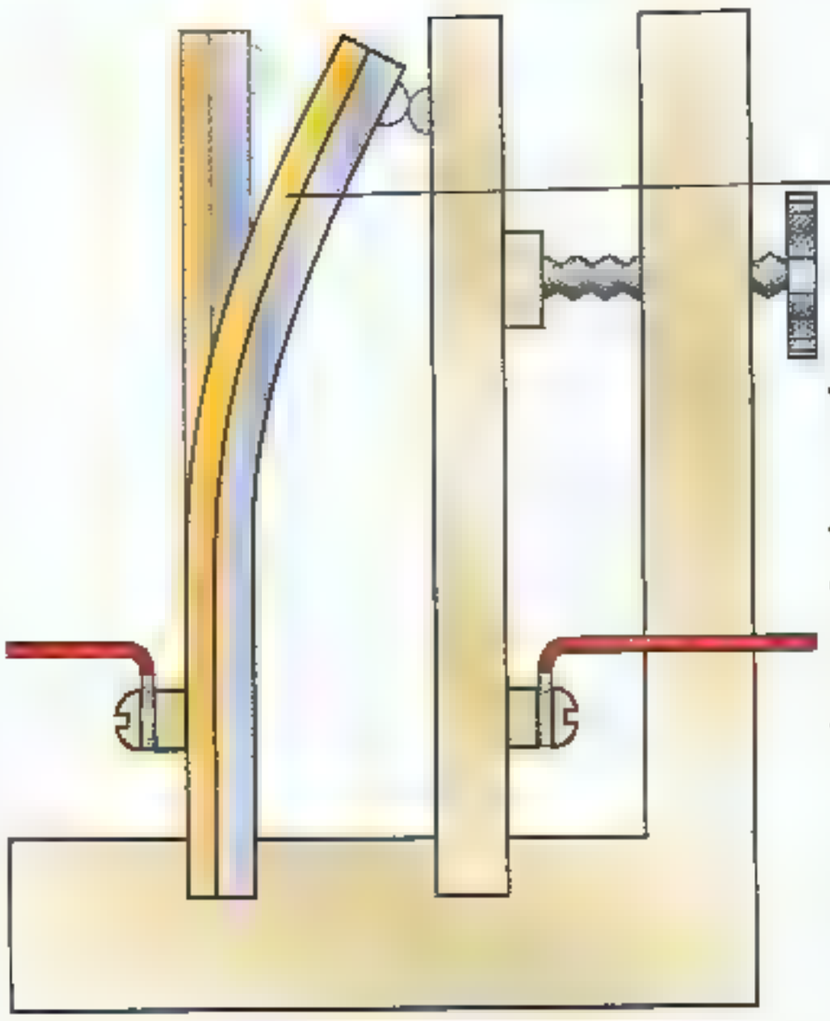


ترمومتر طِبّيّ

التأثيرات على الجوامد

عندما يَبني المُهندِسون جسرًا طويلًا، لا يَبنونَه كلّه من قطعة واحدة. لو فعَلوا ذلك، فإنّ الضُّغوط التي يتعرَّض لها الجِسر عند تمدُّده بحرارة الطقس تؤدّي إلى تحدُّبه أو تشقُّقه. لذا، يُبنى الجسر من أقسام يَفصِل بينها فجوات. هذه الفجوات تُمكِّن الجسر من التمدُّد من غير وقوع أيّ ضرر. وللسبب نفسه، تُمَدّ الطرق الحَرَسيّة أقسامًا ويكونُ بين تلك الأقسام فجوات. لا تتمدَّد الجوامد بالقدْر الذي تتمدّد به السوائل والغازات. الحديد، مثلًا، يتمدَّد، لكلّ درجة سلسيوس واحدة ترتفِع، نحو جُزء واحد على 100 000 جُزء من طوله. ويتمدَّد النُّحاس الأصفر بضعف سرعة تمدُّد الحديد.

تمدُّد المعادن غير المُتساوي يؤدّي إلى الْتواء الشريحة.



الترموستات

التمدُّد غير المُتساوي في المعادن يُمكن استخدامه في عَمَل نظُم للحرارة تُسمّيه ترموستاتًا. الترموستات يُنظِّم الحرارة في غرفة، على سبيل المثال، بتشغيل مُكيِّف الهواء عندما ترتفِع الحرارة فوق مُستوًى مُعيَّن. وهو يعمَل بشريحة ثُنائيّة المعدن، يتّصِل المَعدِنان فيها معًا. عندما ترتفِع الحرارة فوق المُعدَّل المُحدَّد، يتمدَّد أحد المَعدِنَين أكثر ممّا يتمدَّد الآخر. ويتسبَّب ذلك بالْتواء الشريحة واتّصالها بدارة كهربائيّة تُشغِّل مُكيِّف الهواء.

ارتفاع الزئبق

في السوائل، تكونُ الجُزيئات أشدّ تباعُدًا ممّا هي في الجوامد. هذا يعني أنّها ليست شديدة التحدُّب بعضها إلى بعض. لذا، عندما تتعرَّض لمزيد من الطاقة (بالتسخين)، يزداد حركتها ويزداد تباعُدها. يفيدُ من خاصّة تمدُّد السوائل هذه في الترمومتر. الزئبق سائل مُناسب للترمومتر لأنّه سهْل الرؤية ويتمدَّد على نحو مُتساوٍ إذ تتغيَّر الحرارة. للترمومتر الطبّيّ خاصِرة، أو تضيُّق، في جسم الأنبوب الداخليّ يمنَع الزئبق من الهُبوط بعد أخذ الحرارة.

التمدُّد

عند تفجير المُتفجِّرات، تولَّد كمّيّة كبيرة من الغازات والحرارة. الغازات المُسخَّنة تتمدَّد بسرعة وتتسبَّب بمَوجة صدْميّة في الهواء نسمَعها على شكل انفِجار. إذا لم يكن بإمكان الغاز أن يتمدَّد إلى حجم أكبر عند ارتفاع درجة الحرارة، يتزايَد ضغطه. حجم الغاز ودرجة حرارته وضغطه تنظِمُها ثلاثة قوانين أساسيّة تُعرَف بقوانين الغاز (ص 28-29). تمدُّد الغازات وتقلُّصها يُفسِّران كيف تنتقِل الحرارة بالحَمْل، أو التصعُّد.

بداية الطيران

تمدُّد الهواء ساعَدَ روّاد صِناعة الطيران. في حزيران (يونيو) 1783، بنى الأخوان الفرنسيّان جاك وإتيان مونْغولْفييه كيسًا كبيرًا من الكَتّان والورق ذا فُتحة عند قاعدته، وأشعَلا تحته نارًا. إذ سَخَّنَ الهواء داخل البالون، ارتفَعَ في الهواء.

صورة تخيُّلَها فنّان لأوّل مُحاوَلة قام بها الإنسان للطيران، والتي جَرَت في 21 تشرين الثاني (نوفمبر) 1783.

تَعال نُجرِّب
غازات وحرارة

تتمدَّد الغازات كثيرًا عندما تُسخَّن، وتتقلَّص كثيرًا عندما تهبِطُ حرارتها. بإمكانك أن تُبيّن ذلك بسهولة في تجربة بسيطة.

اللوازم: قِنّينة بلاستيكيّة، دَورَق زُجاجيّ أو أيّ وِعاء احر؛ بالون؛ ماء ساخن من الحنفيّة (الصُّنبور) ولا تَستخدِمْ ماء غليانًا؛ مُكعَّبات ثلج.

1 مُطَّ عُنُق بالون فوق فُتحة قنّينة صمن درجة حرارة الغرفة. يتدلّى البالون من العُنُق. الآن ضعِ القنّينة في دَورَق كبير من الماء الساخِن. تُلاحِظ أنّ البالون المُتدلّي قد بدأ بالإنتفاخ وتَراه في نهاية الأمر ينتصِب إذ يتمدَّد الهواء في داخله.

2 الآن ضعِ القنّينة في دَورَق من الماء والثلج. يبدأ البالون من فوره بالتقلُّص، وينتهي به الأمر إلى أن يتدلّى من عُنُق القنّينة، كما كان في بداية التجربة. يَحدُث ذلك لأنّ الهواء في القنّينة قد بَرَدَ فتقلَّص

اِنتقال الحرارة

بعد ليلةٍ صقيعيّةٍ، تَلمِسُ المِزلاجَ المعدنيَّ للبابِ الخشبيِّ فتَشعُرُ بأنّه أشدُّ برودةً من الخشبِ. مع أنّ لكِليهما درجةَ الحرارةِ نفسَها. يحدُثُ ذلك لأنّ المعدِنَ موصِّلٌ جيّدٌ للحرارةِ والخشب ليس كذلك.

لتّوصيلُ هو طريقةٌ من طرقٍ ثلاثٍ رئيسيّةٍ لإنتقالِ الحرارةِ. يحدُثُ التّوصيلُ في الموادِّ كلِّها في الجوامدِ والسوائلِ والغازاتِ. الموادُّ كلُّها كذلك تُطلقُ الحرارةَ بالإشعاعِ. في السوائلِ والغازاتِ، يُمكِنُ انتقالُ الحرارةِ أيضًا بالحَمْلِ، أو التصعُّدِ.

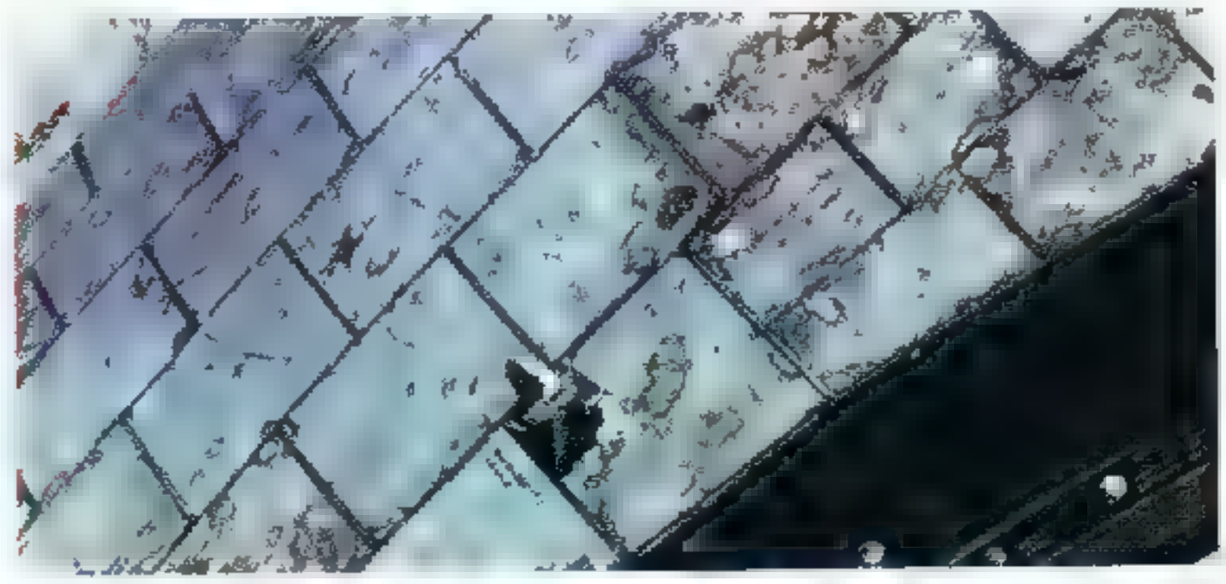
المِقلاة المعدنيّة توصِّل الحرارة من الطبّاخ إلى الطعام.

التّوصيل

الجوامد هي الأفضل توصيلاً. فهي تتشكّل من جُسَيمات (ذرّات أو جُزيئات) مُتماسكة في إطار جامد، أو جامد. وهي لا تُغيّر مواضعها، لكنّها تهتزُّ عندما يُسخَّن جامد في مَوضِع منه، فإنّ الجُسَيمات هناك تكسِبُ مزيدًا من الطاقة ويأخُذ اهتزازها بالإزدياد، وهو ما يجعَل الجُسَيمات المُجاورة تزدادُ اهتزازًا أيضًا وهذه تتسبَّب بالشيء نفسه للجُسَيمات التي تُجاورها، وهكذا عبر المادّة كلّها. المعادن الفلزيّة جيّدة التّوصيل للحرارة لأنّ إلكتروناتها المُحرَّرة تُمرِّر الاهتزازات من ذرّة إلى أخرى تمريرًا سريعًا.

العَزْل

الدّب لُفَيفة سوائل من ذوات الدم الدافئ، ومع ذلك فهي تعيشُ في حوّ لمنطقة القُطبيّة الشماليّة الصقيعيّ. وهي تُحافِظ على حرارة أجسامها بفعل طبقة دُهنيّة سميكة تحت جلدها، هذا إلى جنب كُسوتها المزدوجة السميكة. الدُّهن والفرْو كلاهما موصِّل رديء للحرارة، وكلاهما لذلك عازل جيّد. الصوف والخشب والرُّغاوة البلاستيكيّة كلّها تحتبس الهواء، وهو ما يجعلها كلّها مُناسِبة للعَزْل



بَلاط حراريّ يُعطي سطح مكّوك الفضاء.

قهْر الحرارة

بلاط العَزْل المصنوع من سيليكا يُعطي الجانب الأكبر من هيكل مكّوك الفضاء. البلاط يحمي المكّوك وركّابه من درجات الحرارة العالية. وهي درجات حرارة يتسبّب بها الإحتكاك بالهواء عندما يدخُل المكّوك الجوّ عائدًا إلى الأرض بسرعة فائقة.

رادیومتر دوّار

الراديومتر، أو مِقياس الإشعاع، هو بصلة زُجاجيّة تحتوي على أربع ريشات تدورُ حول مِحور رأسيّ. الريشات مَصنوعة بلون أسوَد على جانب منها وبلَون فِضّيّ على الجانب الآخر. عندما يُترَك الراديومتر في الشمس، تبدأ الريشات بالدوَران. وكلّما كانت الشمس أشدّ سُطوعًا، كانت الريشات أسرع تدويمًا. الجوانب السوداء تُصبح أشدّ حرارة من الأجزاء الفضّيّة، لأنّ المواد السوداء أكثر امتصاصًا لأشعّة الشمس. جُزيئات الهواء التي تصطدِم بالجوانب السوداء الأشدّ حرارةً تدفأ، وتكتسب طاقة، وتتسارع في التعدد عنها، مُسبّبةً بقوّة ردّ فعل تدوّر الريشات

هذه الريشة مطليّة باللون الفضّيّ على الجانب المواجه لنا، وباللون الأسود على الجانب الآخر المُستتِر.

الإشعاع

هل تعلَم أنّك تُشِعّ حرارة مثل مُشِعّ الحرارة في غرفة؟ بإمكاننا، باستخدام تِقْنيّة تُعرَف بالتخطيط الحراريّ، أن نرى الإشعاع الحراريّ المُنبعِث عن الجسم. كلّ جسم يُشِعّ حرارة – وكلّما كانت أسخَن يكون إشعاعه أشدّ. أشعّة الحرارة، أو مَوجاتها، هي من عائلة مَوجات الضوء نفسها – المَوجات الكهرمغنطيسيّة (ص 102-103). تُسمّى المَوجات الحراريّة أشعّة تحت الحمراء. وهي، ككلّ الإشعاعات الكهرمغنطيسيّة، قابِلة للإنتقال عبر الفضاء. وعلى هذا النحو تصِلُنا حرارة الشمس.

تَعال نُجرِّب
أفضل المُشِعّات

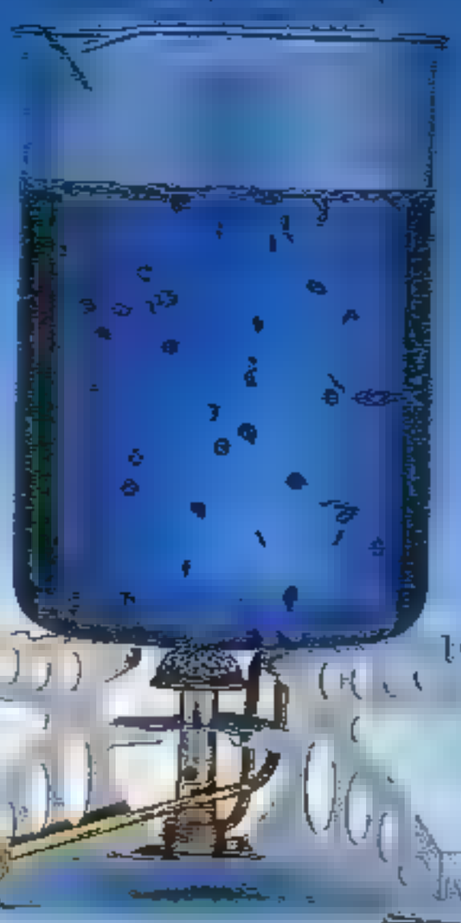
كمّيّة الحرارة التي يُشعّها جسم تتوقّف ليس فقط على درجة حرارته، لكن أيضًا على طبيعة سطحه. في هذه التجربة، ستَعرِف ما إذا كان السطح الأسود أشدّ أو أقلّ إشعاعًا من السطح اللّمّاع. **اللوازم:** رشد مُساعِد؛ مرطبان (برطمان) بغطاء؛ طِلاء أسوَد غير لمّاع؛ فُرشة طِلاء؛ ورق ألومنيوم لمّاع؛ مِثقَب؛ ترمومتر؛ ماء؛ مَعجون تشكيل.

1 لُفّ ورق ألومنيوم لمّاع حول أحد المرطبانين واطلِ لاحِقًا بطلاء أسوَد غير لمّاع. سأل رشدًا أن يثقب فُتحة في غطاء كلّ من المرطبانين لإدخال الترمومتر فيها. إملأ المرطبانين بماء الحنفيّة (الصُّنبور) الساخن، وضَع فوق كلّ منهما غطاءه وقِسْ حرارة كلّ منهما. ضَع قِطعة من معجون التشكيل فوق فُتحة كلّ من الغطاءين لختْمها.

2 كلّ بضع دقائق، قِسْ درجة حرارة كلّ من المرطبانين. هل تغيّرت الحرارة بنفس الطريقة فيهما؟ ستجد أنّ الحرارة تزيد بنفس السرعة في المرطبان الأسود. يزيدُ الأسود بسرعة أكبر ممّا يزيدُ المرطبان اللّمّاع، لأنّ الأجسام السوداء هي الأفضل إشعاعًا.

تَعال نُجرِّب
الحَمْل في الماء

تنتقل الحرارة بالحمْل في المَوائع كلّها – السوائل والغازات. في هذه التجربة، يمكنك أن تَرى تيّارات الحمْل عاملةً عند تسخين الماء. **اللوازم:** رشد مُشرِف؛ ورق مقوّى؛ مِثقَب ورق؛ مِلعقة؛ ماء؛ مصدر حراريّ (مثل حرّاق غاز أو طبّاخ)؛ وِعاء زُجاجيّ صامِد للحرارة (إذا استخدمتَ طبّاخًا استخدمْ طاسًا زُجاجيًّا صامدًا للحرارة مُرتكِزًا على قدر من ماء).



1 قصّ قطعًا صغيرة من الورق بمِثقَب ورق. حرّكْها في وِعاء الماء الصامِد للحرارة. ضع الوِعاء فوق مصدر حراريّ وسخّنْ بهدوء جانبًا منه.

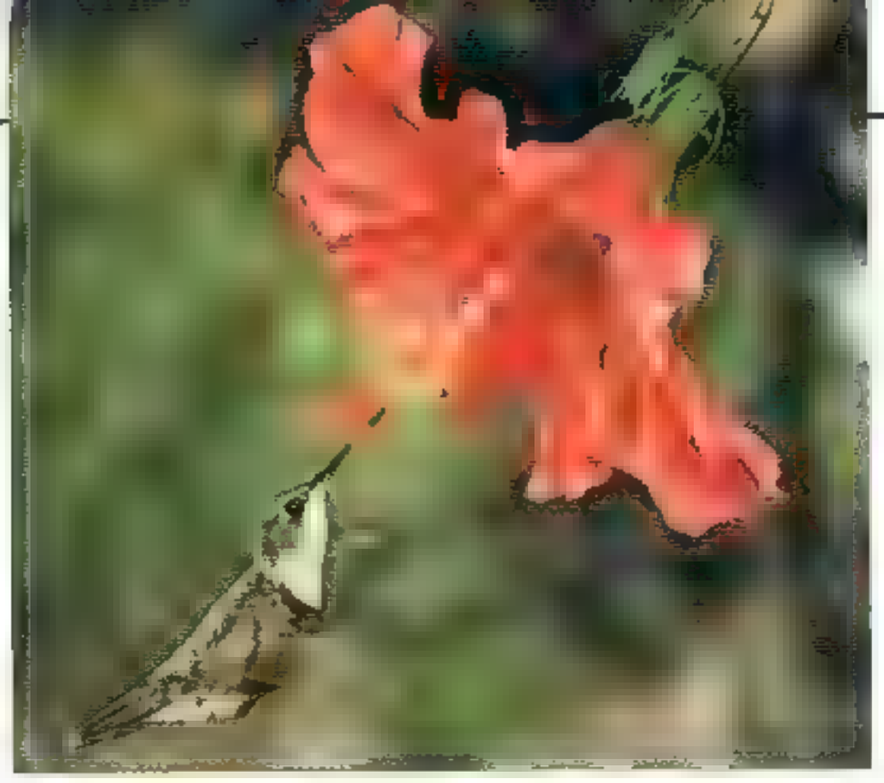
2 انظُرْ إلى الوعاء من الجانب. لاحِظْ كيف تبدأ دوائر الورق بالتحرّك إذ يسخُن الماء. الأوراق التي تكون مُباشرةً فوق مصدر الحرارة ترتفع مع الماء الأدفأ والأخفّ (الأقلّ كثافة). في الجانب الآخَر، تهبِط الدوائر مع الماء الأقلّ حرارة والأكثف.

تيّارات الحَمْل

طيّارو صخرات لمعلق لشراعيّة يدفَعون أنفُسهم فوق حُرْف، ركبين تيّارات الهواء لحراريّة الدافئة المُتصاعِدة من أسفل. التيّارات لصاعِدة تتولّد عندما تُسخِّن الأرض الهواء فوقها. يتمدّد الهواء ويُصبح هناك أخفّ، أي أقلّ كثافةً، من الهواء حوله، فيَرتفع. في الوقت نفسه، يَهبِط الهواء الأبرد والأقلّ كثافة ليحُلّ محلّه. هذه التيّارات الدوّارة من ارتفاع الهواء وهُبوطه هي ما تُسمّيه تيّارات الحمْل أو التصعُّد. على مقياس واسع، تسبّب تيّارات الحمْل هُبوب الرياح. وعلى مقياس ضيّق، تنشُر الحرارة من مُشِعّ التدفئة إلى أرجاء الغرفة.

اهتزازات الصَّوت

إذا لَمَستَ جَرَسَ درّاجتِك وهو يَرِنُّ، تُحِسُّ باهتزازٍ، أو حركةِ تردُّدٍ سريعةٍ. هذه الإهتزازاتُ هي التي تُصدِرُ صوتَ الرَّنينِ الذي تَسمَعُه. إذ يهتزُّ الجَرَسُ، يَضغَطُ جُزيئاتِ الهواءِ المُجاوِرةَ له ويَجعَلُها تهتزُّ هي أيضًا. هذه الجُزيئاتُ، بدَورِها، تهُزُّ الجُزيئاتِ المُجاوِرةَ، وهكذا تَنتشِرُ الإهتزازاتُ، أو المَوجاتُ، عبر الهواءِ بعيدًا عن الجَرَسِ. وعندما تَصِلُ هذه الإهتزازاتُ إلى آذانِنا نَسمَعُها أصواتًا. في الواقعِ، كلّ صوتٍ تَسمَعُه يتسبَّبُ به شيءٌ يهتزُّ. أحيانًا بإمكانِك أن تَرى الإهتزازاتِ؛ وأحيانًا لا تَراها.

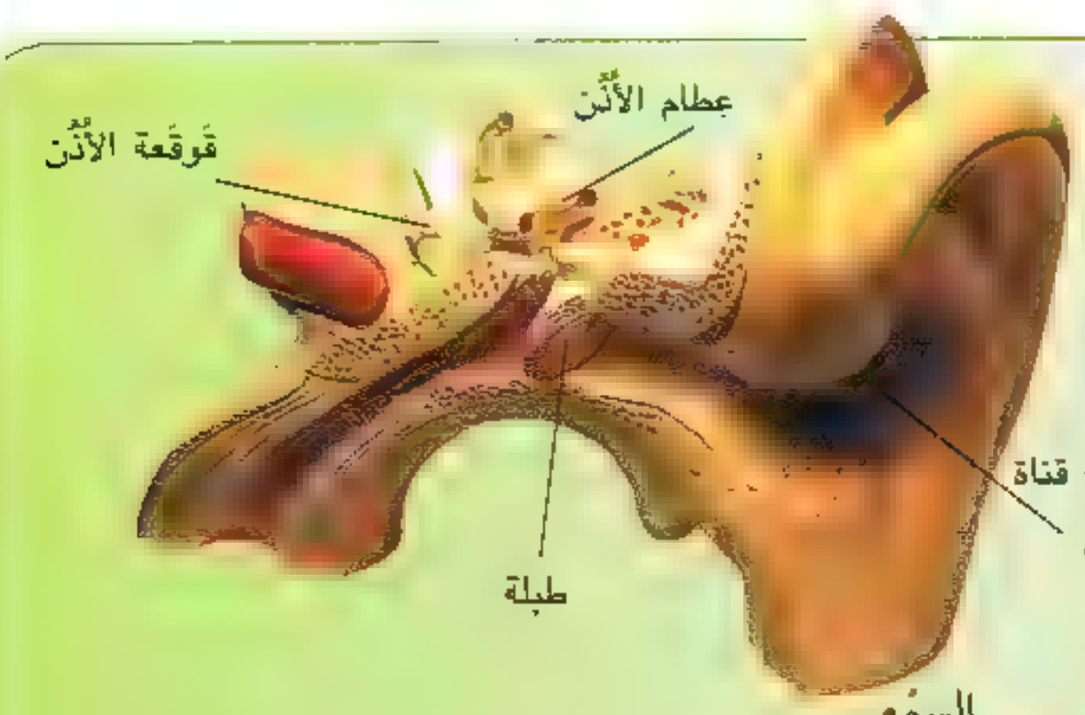


اِهتزازات في الهواء

يَحفِقُ الطائر الطنّان بجَناحَيه بسرعة 70 خفْقة في الثانية إذ يُحوِّم أمام زهرة. خفَقان الجَناحَين السريع يولِّد في الهواء اهتزازات، وهذه بدَورها تولِّد الطنين الذي يُعطي هذا الطائر اسْمه. وكذلك خَفَقان الأجنِحة السريع هو الذي يتسبَّب بأصوات الطنين الصادِرة عن النحْل وأنواع أخرى من الحشرات الطائرة. الجَنادِب الذُّكور تُصدِر صوتًا مُميَّزًا بأن تفرُكَ معّ أجزاء من أسفل أجنِحتها.

المَوجات الصَّوتيّة

تنتقِلُ المَوجات الصوتيّة عبر الموادّ بالطريقة نفسها التي تنتقِل بها عبر النابِض الذي ترى صورته أعلاه. عندما يصدُرُ صوت، تنضغِط جُزيئات الهواء المُجاوِرة مُسبِّبةً نِطاق تصاغُط عاليًا. هذه بدَورها تندفِع إلى الجُزيئات المُجاوِرة لها وتَصدِمُها ثمّ ترتدُّ إلى مَوضِعها. هذا الإرتداد يولِّد نِطاق ضغْط خفيض، أو مُخلخَل. المَوجات الصوتيّة طوليّة. وهذا يعني أنّها تهتزُّ، أو تتذبذَب، في الإتّجاه الذي تنتقل فيه.

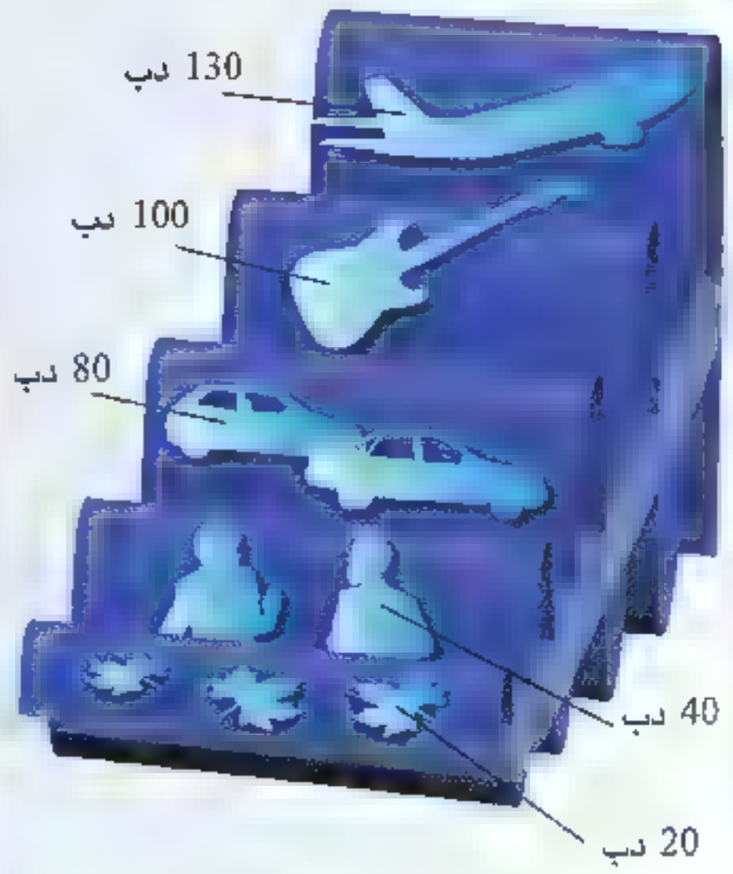


السمْع

قناة الأُذُن توجِّه المَوجات الصوتيّة إلى طبلة الأُذُن. تهتزُّ الطبلة فتنقُل عِظامٌ ثلاثة في الأُذُن الداخليّة الإهتزاز إلى عضْو السمْع، وهو القَوقَعة، أو الحَلَزون. تحتوي القَوقَعة على سائل، فتنقِل الأصوات عبره بسهولة. كما أنّها مُبطَّنة بشُعَيرات تلتقط الإهتزازات وتُرسِل إشارات صوتيّة إلى الدِّماغ.

جَهارة الصَّوت

العُمّال الذين يعمَلون على أرض المطارات في قيادة الطائرات إلى مَوقع اصطفافها يلبَسون مُخمِّدة أصوات. هذه تَقي آذانهم من ضجيج المُحرِّكات العالي. جَهارة الصوت، أو ارتفاعه، هو مُصطلَح نَستخدِمُه عُمومًا للدلالة على شِدّة (كمّيّة الطاقة) المَوجات الصوتيّة. للإهتزازات الكبيرة كمّيّة كبيرة من الطاقة وهي تولِّد موجات صوتيّة شديدة واسعة، أي واسعة المسافة التي تَتذبذب ضِمنها جُزيئات الهواء. لذا، كلّما طالَت المسافة التي تتحرّكُ ضِمنها الجُزيئات، عَظُمَت الجَهارة (ارتفاع الصوت).

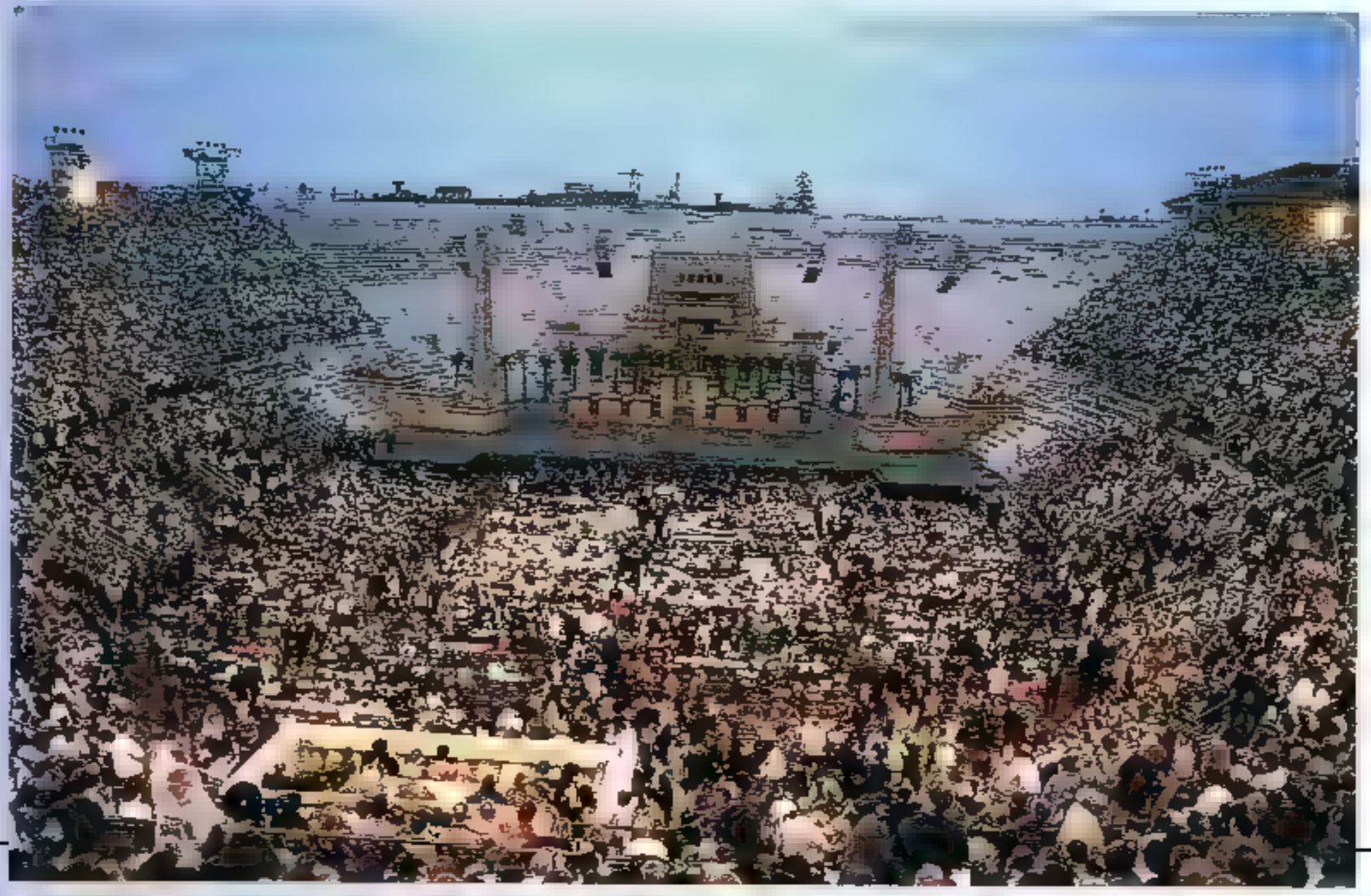


مِقياس ديسيبِل

نَقيسُ شِدّة الصوت (جَهارته) على مِقياس ديسيبِل (دب). درجة ديسيبِل واحدة تُعادِل عُشْر درجة بِل، وهي وَحدة سُمِّيَت باسم ألكسندر بِل، مُخترِع الفون. أخفتُ الأصوات التي نحن قادِرون على سماعها هي بدرجة 0 دب، بينما يصِل صوت إقلاع طائرة النّفاثة إلى درجة ثاقِبة للآذان هي 130 دب. إنّ مِقياس ديسيبِل هو مِقياس لوغاريتميّ، أي أنّ زيادة 10 دب تزيدُ الجَهارة عشر مرّات. بكلمة أخرى، إنّ صوتًا شدّته 130 دب أشدّ ارتفاعًا من صوت شدّته 120 دب بعشر مرّات.

الأصداء والسَّمْعيّات

إذا صِحْتَ وأنت في مبنًى كبير خالٍ، كثيرًا ما تسمَع صوتك يرتدُّ إليك في ما نُسمّيه صدًى. الأصداء هي أصوات تنعكِس عن السطوح من حولك. السطوح الصُّلبة تعكِس الأصوات أفضل ممّا تعكِسها السطوح الطريّة. السطوح الطريّة تمتصُّ الأصوات. تصميم البِناء يؤثِّر بانتشار الصوت، أو ما نُسمّيه بالسَّمْعيّات. قاعات الإحتفالات والمَسارِح تُصمَّم بعِناية فائقة لئلّا تتداخَل الأصداء مع أصوات الخُطَباء أو أصوات الموسيقى. بنى اليونانيّون القُدامى والرومان مَسارِح ذات سَمْعيّات فائقة.



تَعال نُجرِّب

رؤية الصوت

ليس بإمكاننا أن نَرى لمَوجات الصوتيّة في الهواء، لكن بإمكاننا أحيانًا أن نَرى آثار الإهتزازات.

اللوازم:
شَوكة موسيقيّة؛ كوب زُجاجيّ؛ ماء.

1 املأ الكوب إلى حافّته بالماء. أطرُقْ سطحًا خشبيًّا بشَوكة موسيقيّة.

2 الآن المِسْ سطح الماء بشُعبتَي الشَّوكة. سترى الماء يُطرطِش في الحال، بفِعل اهتزازات الشَّوكة.

أُذُنان كبيرتان توفِّران للخفافيش سمْعًا مُرهَفًا.

تحديد المَوقِع بالصَّدى

تلعَب الأصداء دَورًا حيويًّا في حياة معظم أنواع الخفافيش. تطيرُ الخفافيش ليلًا في وقت لا تكون العُيون العاديّة ذات فائدة كبيرة، لذا تستخدِم بَدَلَ ذلك آذانها. وهي تُرسِل أصواتًا عالية النغمة ترتدُّ أصداؤها عمّا تُصادِفه في طريقها. تلتقِط الخفافيش تلك الأصداء وتبني صورة تُمكِّنها من تحديد مَوقِع الفَريسة والإنقضاض عليها في الظلام. تُعرَف هذه التِّقْنيّة باسْم التحديد الصَّدَويّ.

السرعة والتردُّد

سرعةُ الصَّوتِ بطيئةٌ مُقارنةً بسرعةِ الضَّوءِ. عندما تَرى برْقًا يلمَعُ تسمَعُ صوتَ الرعدِ بعد أن تَرى البرقَ. في الظروفِ نفسِها تنتقِلُ الأصواتُ كلّها بالسرعةِ نفسِها. لكنّها يُمكِنُ أن تهتزَّ بطرقٍ مختلفةٍ. بعضُها يهتزُّ اهتزازًا سريعًا – ويكونُ عالي التردُّدِ، أو عالي النغمةِ. ويهتزُّ بعضُها الآخرُ ببطءٍ – ويكونُ بطيءَ التردُّدِ، أو خفيضَ النغمةِ. تقيسُ التردُّدَ بوَحدةِ الهرتز (Hz)، وهو عددُ المَوجاتِ التي تمُرُّ في نُقطةٍ في الثانيةِ. بإمكانِ البشرِ أن يسمَعوا الأصواتَ التي تقعُ بين نحوِ 20 و20 000 هرتز.

أُغنية الحيتان

ينتقِل الصَّوت في الماء بسرعة تفوق سرعة انتقاله في الهواء بأربع مرّات ويصِل إلى مسافات أبعد أيضًا. تكونُ الحُرَيْئات في الماء أشدّ براعًا فتُمرّر المَوجات بسهولة أكبر. لذا بإمكان الحيتان أن تتواصَل بعضها مع بعض عن طريق أصواتها عبر مسافات بعيدة تصل إلى 30 كم أو أكثر. الحوت الأحدب الذكَر يُعرَف عنه «غناؤه» خلال مَوسِم التزاوج. غناؤه ترداد مُعقَّد لإيقاعات تستمرّ يومًا أو أكثر من يوم. تُغنّي ذُكور الحيتان إمّا لاستمالة الأليف أو لتحذير الذُّكور الأخرى المُنافِسة.

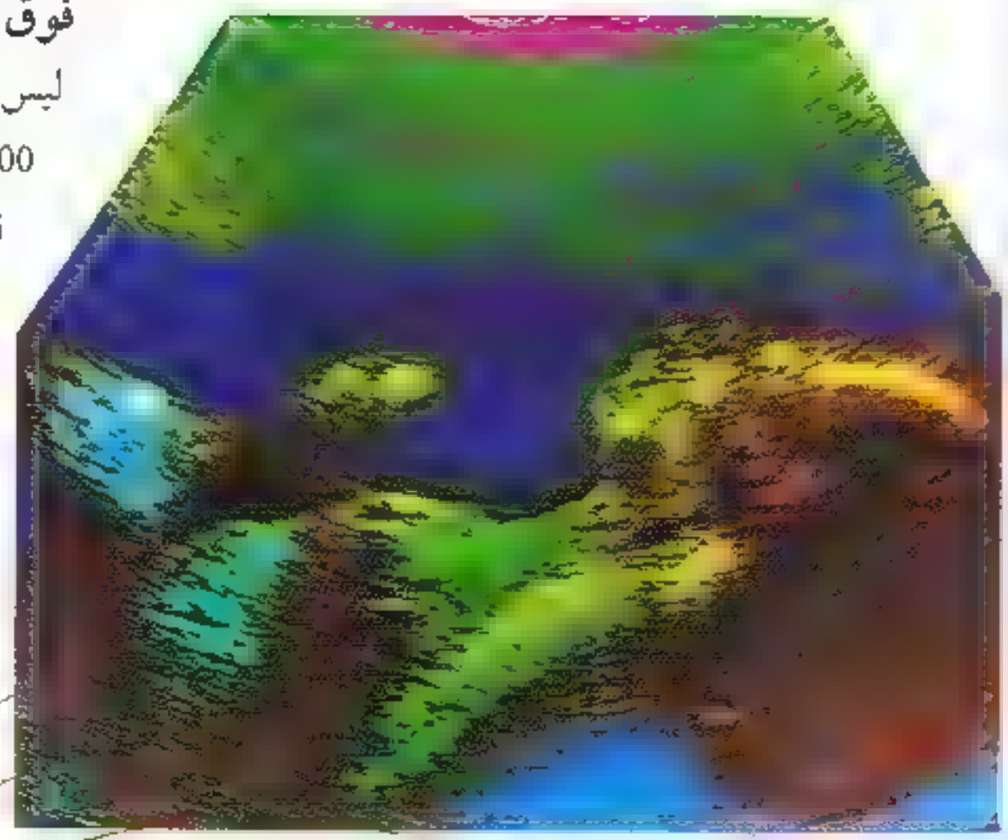
تتشكّل وراء الطائرة سحابة إذ تخترق حدار الصَّوت.

جدارُ الصَّوت

تنتقِل الأصوات عبر الهواء وفي مُستوى البحر بسرعة نحو 1225 كم/سا. ونُسمّيها سرعة الصَّوت. عندما تطيرُ طائرة بسرعة تقِلّ عن سرعة الصوت، تكوّن المَوجاتُ الصوتيّة أمامها. لكن عندما تبلُغ سرعة الطائرة سرعة الصوت تتكدّس المَوجات الصوتيّة على الطائرة مولِّدةً مَوجة صدميّة. وعندما تفوق سرعة الطائرة سرعة الصوت، تُخلّف وراءها مَوجة صدميّة، تسمعها على الأرض على شكل انفِقاع. كان يُظَنّ أنّ المَوجة الصدميّة الناجمة عن اختراق جدار الصوت يُمكن أن تُحطّم الطائرة وأنّها عقبةٌ أمام الطيران بسرعة تفوق سرعة الصوت، ولذا سُمّيت هذه الظاهرة بجدار الصوت.

فوق السمْعيّ

ليس بإمكان بشر أن يسمَعوا موجات صوتيّة يربدُ تردُّدها عن نحو 20 000 هرتْز. تُسمّى هذه لأصوت فوق سمْعيّة، أو فوق صوتيّة قد لا نكون قادِرين على أن نسمعها، لكنّنا قادِرون على الإفادة منها. فنساء الحوامل يخضَعن لمَسْح الموجات فوق السمْعيّة، فترتدُّ هذه المَوجات عن جسم الجنين، وتُلتقَط وتُعرَض على شاشة (إلى اليمين) لدراستها. المَوجات فوق السمْعيّة تُستخدَم أيضًا في السونار، وهو جهاز يَبُر بالصدى تستخدِمه السُّفُن والغوّاصات لكشْف مواقع الأشياء تحت الماء، وهو يعمل بالطريقة عينها التي تعمل بها الخفافيش لتحديد المَواقع بالصدى (ص96).



المَوجات تتوسّع إذ تمضي سيّارة الإسعاف مولّدةً تردُّدًا أقلّ

تتجمّع المَوجات إذ تتقدّم سيّارة الإسعاف، مولّدةً تردُّدًا أعلى

سمْع الحيوانات

يسمع بعض أنواع لحيوانات نِطاقًا من تردُّد الأصوات يختلف عن لنِّطاق الذي يسمعه البشر. الخفّاش، على سبيل المثال، تسمَع بطاقًا ضيّقًا من التردُّدات، ينحصِر بين نحو 200 و800 هرتْز. الخفافيش، من ناحية أخرى، تسمع التردُّدات من نحو 1000 إلى ما يزيدُ على 120 000 هرتْز. وهي تستخدِم الصدى في تحديد المَواقع. الفئران والفراشات الليليّة تسمَع تردُّدات هي فوق سمْعيّة بالنسبة إليه. وهنالك حيوانات أخرى تسمَع أصواتًا أقلّ تردُّدًا من الأصوات التي يُمكِنُنا سماعها. تُسمّى الأصوات التي لها مثل هذه التردُّدات أصواتًا تحت سمْعيّة. بإمكان الحمام أن يسمَع أصواتًا يصِل تردُّدها إلى ما بين 0,1 و10 هرتْز. هذا يعني أنّه قد يكون بإمكانه أن يكشِف المَوجات الزِّلزاليّة

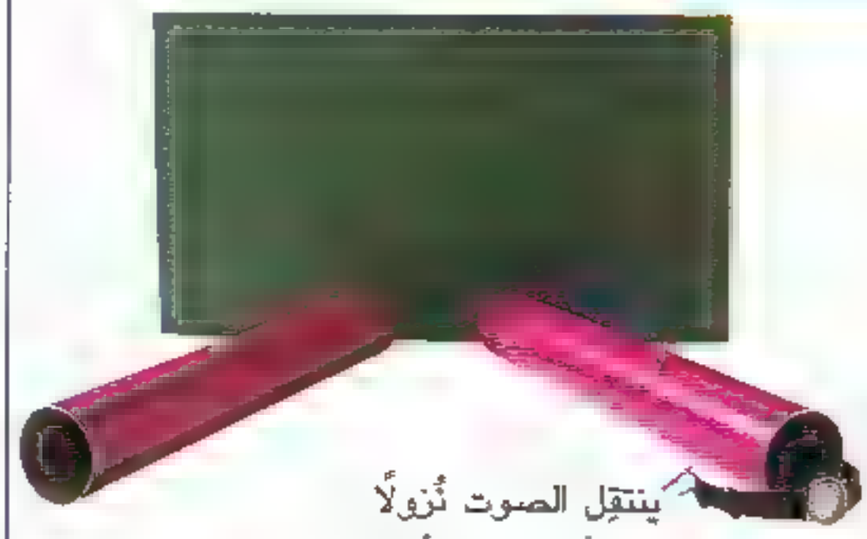
ظاهرة دوپلر

عندما تنطلق سيّارة إسعاف مُسرِعةً في اتّجاهك ثمّ مبتعدةً عنك، تسمع صوت صَفّارتها يتغيّر تردُّده، أو نغْمته. تُسمّى تلك ظاهرة دوپلر. عندما تكون السيّارة مُقبِلةً نحوك، يَصِلُك عدد أكبر من المَوجات في الثانية يفوق المُعتاد (تردُّد أعلى). وعندما تَبتعِد السيّارة عنك، تمتطُّ المَوجات الصوتيّة مُوسّعةً فتسمَع عددًا من المَوجات الصوتيّة في الثانية أقلّ من المُعتاد (تردُّد أخفَض).

تَعال نُجرِّب

صوت مُرتدّ

ترتدُّ المَوجات الصوتيّة عن السُّطوح بالطريقة نفسها التي يرتدُّ بها الضوء عنها. وهذا ما يتسبَّب بالصدى. في هذه التجربة، جِدْ أيّ السُّطوح هي الأفضل عكسًا للصوت – الطريّة أو الصُّلبة. **اللوازم:** أنبوبان؛ ورقة مُقوّاة؛ ساعة تُتكتِك؛ قطعة من رُغاوة وأخرى من قُماش.



ينتقِل الصوت نُزولًا في الأنبوب ويرتدُّ عن الورقة المُقوّاة.

1 صُفَّ الورقة المُقوّاة والأنبوبَين كما ترى في الصورة. اترُكْ فجوة بمقدارها نحو 6 سم بين طرفَي الأنبوبَين والورقة المُقوّاة. ضَع الساعة عند فُتحة أحد الأنبوبَين، وضَعْ أُذُنك عند فُتحة الأنبوب الآخر.

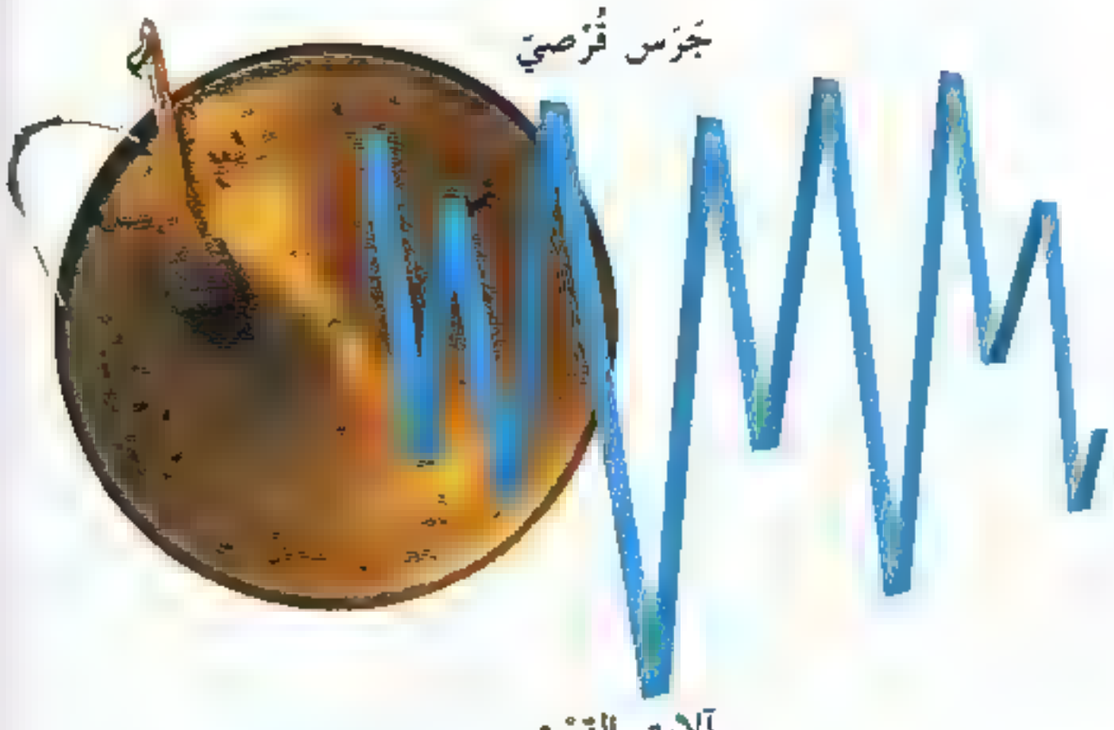
2 سيكون بإمكانِك أن تسمَع تكتكة الساعة بوضوح. فقد انتقَل الصوت عبر أحد الأنبوبَين وانعكَسَ عن الورقة المُقوّاة إلى الأنبوب الآخر. غَطِّ الورقة المُقوّاة أوّلًا بقُماش ثمّ برُغاوة. هل يعكِسان الصوت أفضل من قبل أم أسوأ؟

صُنْع الموسيقى

الآلاتُ الموسيقيّةُ تُصدِرُ أصواتًا بالاِهتِزازِ. على سبيلِ المثالِ، في العودِ تهتزُّ الأوتارُ. معظمُ الآلاتِ الموسيقيّةِ مَضبوطةٌ بحيث تُعطي مَجموعاتٍ من التردُّداتِ، أو النغَماتِ. لكنّ النغْمةَ الواحدةَ تبدو مُختلِفةً بين آلةٍ وأخرى. ذلك أنّ كلَّ آلةٍ تُصدِرُ نِطاقَها المُميَّزَ من الاِهتزازاتِ، أو النغَماتِ المُتوافِقةِ. نَمَطُ المَوجاتِ الصوتيّةِ الصادرُ عن آلةٍ موسيقيّةٍ يُمكِنُ التَّمْثيلُ له بخُطوطٍ مُتموِّجةٍ، ذات ذُرى وقراراتٍ تُبيِّنُ التغيُّرَ في ضغطِ الهواءِ إذ يصِلُ الصَّوتُ إلى أُذُنَيك.

أعضاء الفِرقة معًا

فِرقة الغاملان (أعلاه) في جنوب شرق آسيا تعزفُ موسيقى تقليديّة ذات صوت مميَّز. العازِفون يعزِفون بصورة رئيسيّة على آلات قرْع مثل الجرس القُرْصيّ والغاملان والذي هو شبيه بالزيلوفون. في البُلدان العربيّة، يُستخدَم في الفِرق الموسيقيّة نِطاق من الآلات، مقسَّم بين أربعة أنواع الآلات الوتَريّة، وآلات النفْخ، والآلات النُّحاسيّة، وآلات القرْع. قائد الفِرقة يقومُ عادةً بضبْط الإيقاع بين العازِفين المختلفين الذين يشرِكون في العزف أو يتناوَبون عليه في أوقات محدَّدة بدقّة مُتناهية. كما يُحدِّد قائد الفرقة سرعة الموسيقى.



جَرَس قُرْصيّ

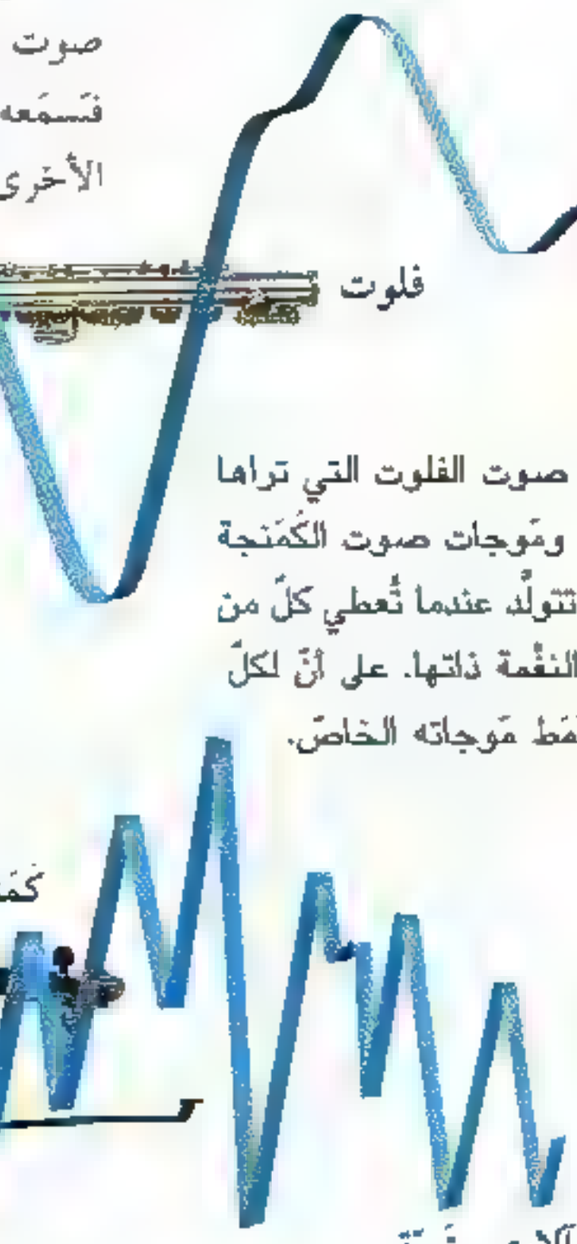
آلات القرْع

الجَرَس القُرْصيّ آلة قَرْع، تقرَعُها بمِطرَقة صوت المَوجات الصوتيّة غير مُنتظِم النمَط، فتسمَعه ضجيجًا صدْميًّا. من الآلات القرْعيّة الأخرى الطبْل والمُثلَّث الموسيقيّ والزيلوفون.

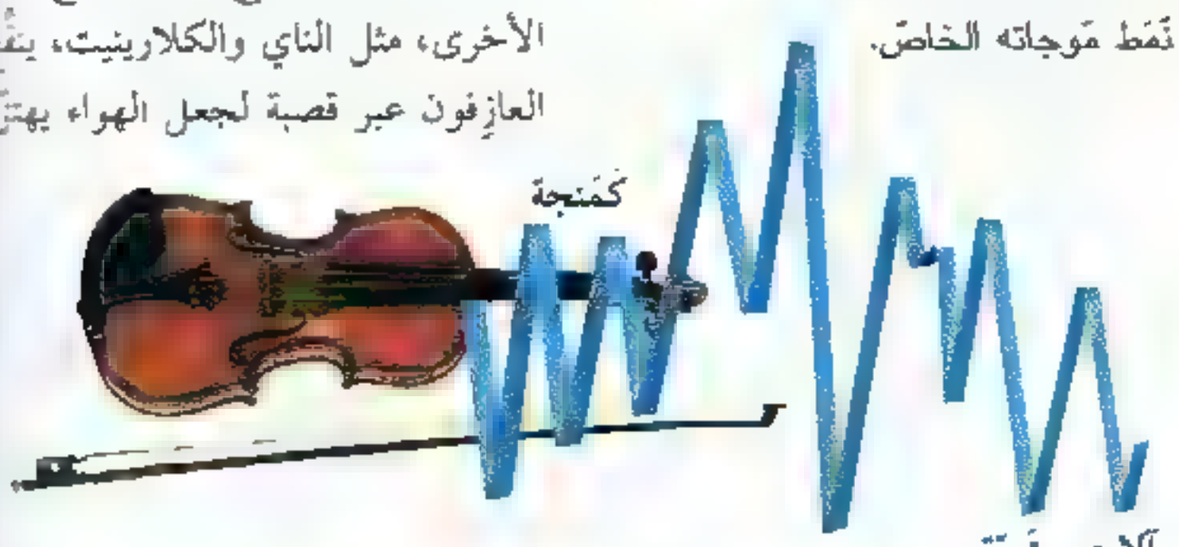
فلوت

آلات النفْخ

الفلوت آلة نفخ. ينفُخُ العازِفون في فُتحة لجعل الهواء في الداخل يهتزّ. وهي تُصدِر صوتًا صافيًا هادئًا، ذا مَوجة مُتناسِقة. مع آلات النفخ الأخرى، مثل الناي والكلارينيت، ينفُخ العازِفون عبر قصبة لجعل الهواء يهتزّ



مَوجات صوت الفلوت التي تراها (أعلاه) ومَوجات صوت الكَمَنجة (أدناه) تتولّد عندما تُعطي كلّ من الآلتَين النغْمة ذاتها. على أنّ لكلّ منهما نَمَط مَوجاته الخاصّ.



كَمَنجة

آلات وتَريّة

الكَمَنجه آلة وتَريّة. تُصنع الأوتار بحيث يهتزّ على لمَسات القَوس. وهي تولِّد صوتًا «مُشرِقًا» معقَّدًا ذا نغمات مُتوافقة عديدة. من الآلات الوتَريّة الأخرى الفيولا والدوبل باس، الغيتار والهارْب والعود آلات وتَريّة تُنقَر عليها لإصدار الأصوات.

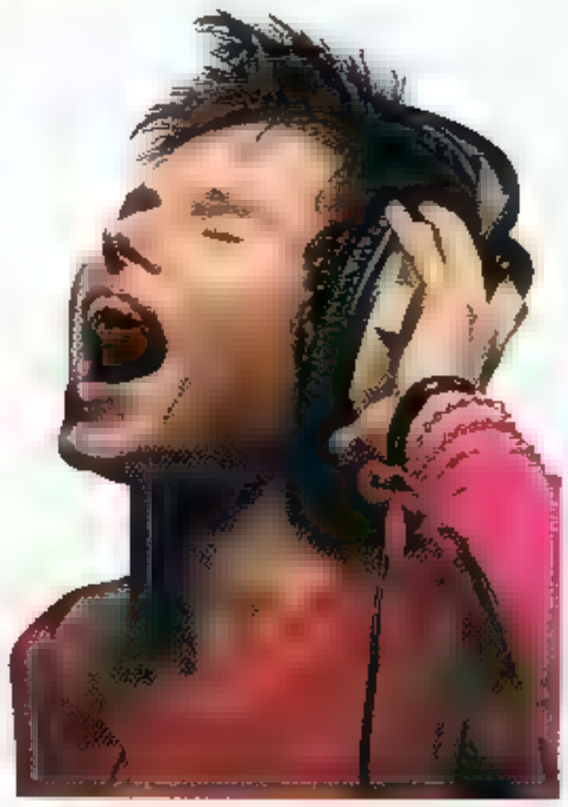
تعالَ نُجرِّب

قنانٍ موسيقيّة

تعمَل آلات النفْخ الموسيقيّة باهتزاز عَمود من الهواء. بإمكانك أن تصنَع آلتك الخاصّة من صفّ من القناني. **اللوازم:** ثماني قنانٍ مُتطابِقة؛ ماء؛ ملوِّن طعام (اختياريّ).

1 رتِّب القناني في صفّ واملأْها بكمّيات مُتناقصة من ماء ملوَّن. أنفُخْ فوق فَم القنانيّ لتُصدِر أصواتًا.

2 اضبُط نغْمة كلّ قنّينة بتعديل مُستوى الماء فيها بحيث تُعطيك نغمة مختلفة عن سواها. الآن بإمكانك أن تعزِف الموسيقى.

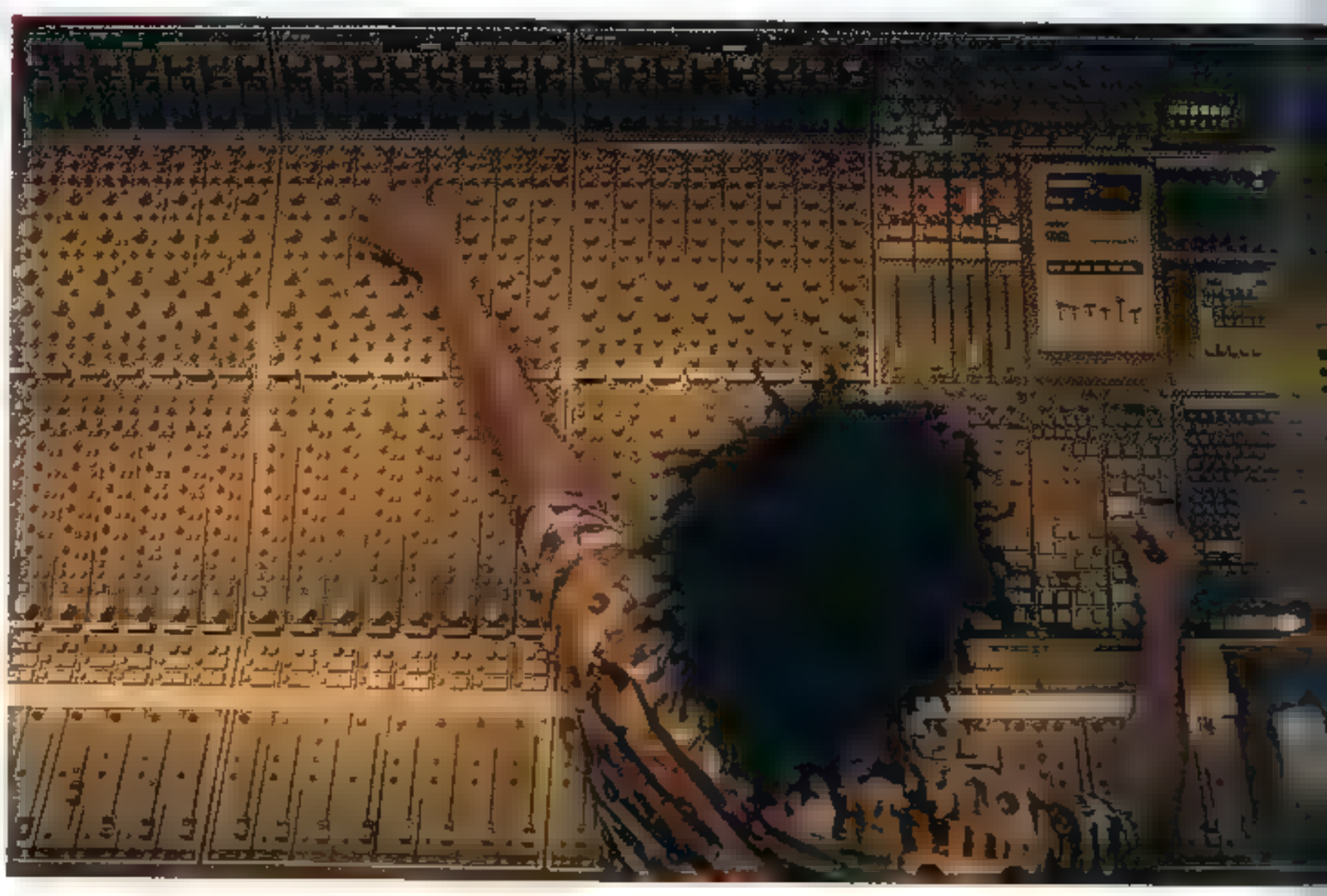


تَسجيل الأصوات

في العام 1877، صنعَ توماس إديسون أوّل آلة تسجيل، وسجّلَ عليها أُغنية من أغاني الأطفال. إستخدَم إبرة مُتّصِلة بقُرْص يهتزّ لنقْش حُزز في رُقاقة قصدير. طريقة الحُزز هذه هي أساس التسجيل على أقراص من الفاينِل. الآن الأصوات تُسجَّل على أشرطة مِغنيطيّة (شريط له سطح قابل للتمغنُط تُخزَن عليه المُعطَيات) وعلى أقراص مُدمَّجة (CDs). في استوديوهات التسجيل، يُغنّي المُغنّون في ميكروفون (أعلاه). بإمكانهم أن يُغنّوا في الوقت المناسب مع فِرقة مُساعِدة بالإستماع إلى تسجيل للموسيقى عبر سمّاعة الرأس.

صوت مؤلَّف

معظم الفِرَق الموسيقيّة الحديثة تضُمُّ من بين آلاتها آلة مؤلِّفة، أو مُركّبة، للأصوات. وهي تُسمّى كذلك لأنّها تؤلِّف الأصوات، أي تُركّبها اصطناعيًّا بواسطة دارات إلكترونيّة. تُشغَّل المؤلِّفة بواسطة لَوحة مفاتيح، ويُمكِن أن تُصدِر أصوات الآلات الموسيقيّة غير الكهربائيّة كلّها. بإمكانها أيضًا أن تولِّد مؤثّرات خاصّة وأصواتًا فريدة خاصّة بها.

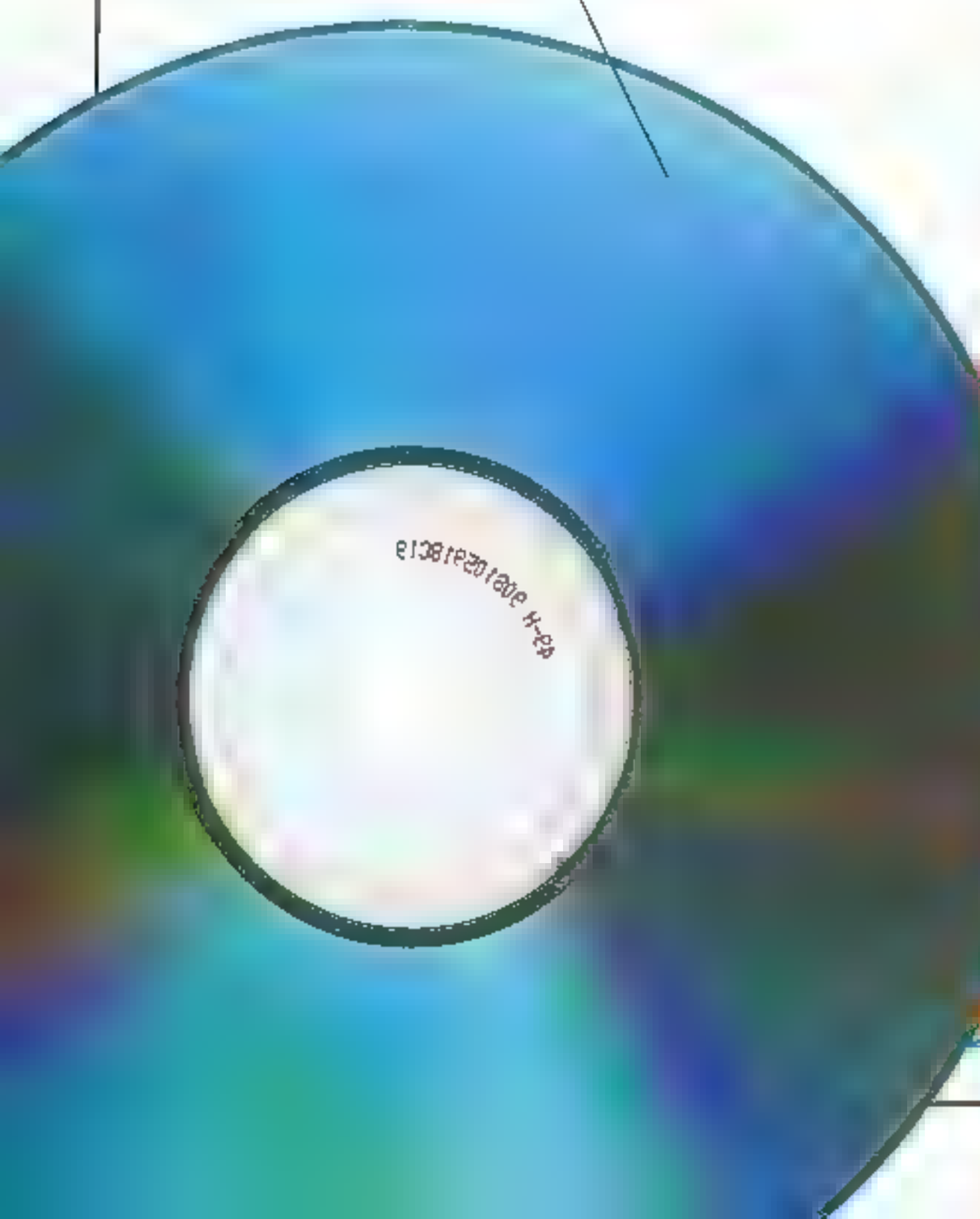


مَزْج الأصوات

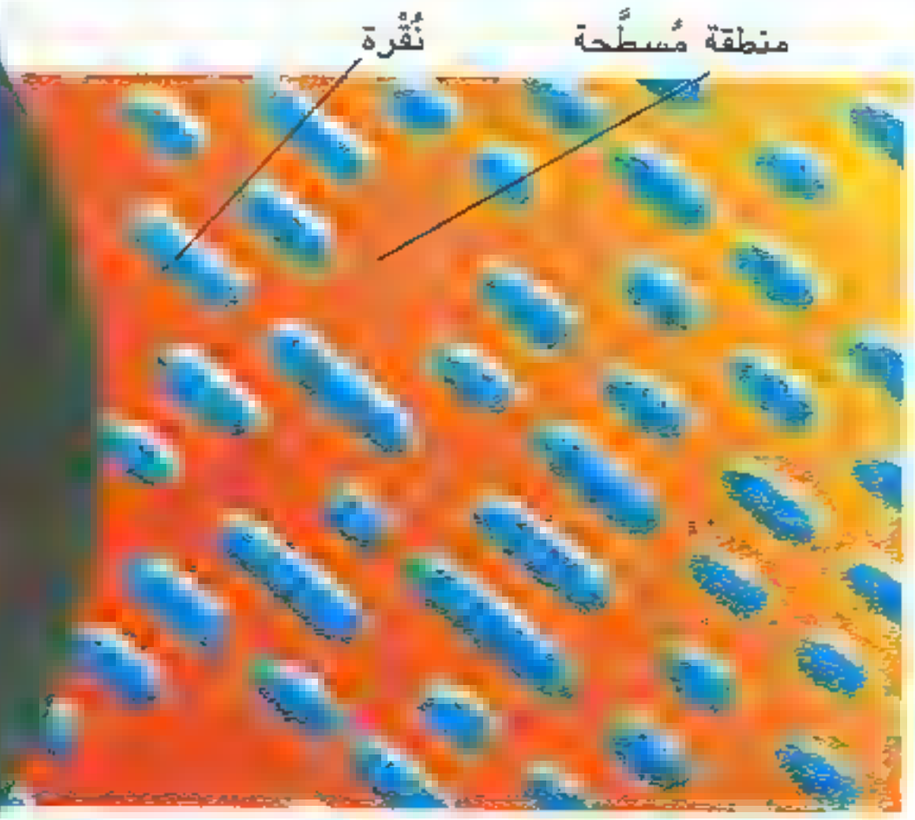
في استوديوهات التسجيل، كثيرًا ما تكونُ أصوات الآلات المختلفة والأشخاص المختلفين مُسجَّلة في أوقات مختلفة. يتولّى مُهندِسو الصوت عندئذٍ إنتاج التسجيل المُكتمِل. يَستخدِمون لَبيطة يُسمّونها المازِجة، لجمْع الأصوات المختلفة معًا. بإمكان مُهندِسي الصوت، بتَحريك زَلّاقات المازِجة أن يَضبُطوا جَهارة الأصوات أو نَغْمتها من عُلوّ وانخفاض عند كلّ من المُسهِمين في الأداء للوصول إلى توافُق تامّ وانسجام.

التسجيل الرقْميّ

في التسجيل الرقْميّ الحديث، تُحوَّل أشكال مَوجات الأصوات أوّلًا إلى أرقام مُحدَّدة بدقّة. الأرقام هي التي تُسجَّل لا المَوجات. تُسجَّل الأرقام في شَفرة ثُنائيّة يُستخدَم فيها العددان 0 و 1 فقط. تُسجَّل هذه الأرقام على القُرص المُدمَّج في شكل نُقَر (0) ومِساحات مسطَّحة مُباينة (1). عندما نُدخِل قُرصًا مُدمَّجًا في جهاز الأداء، تقوم أشعّة ليزر بقراءة شَفرة أرقامه.



القُرص المُدمَّج يحمِل الأصوات كأرقام في مَسار حَلَزونيّ من النُّقَر.

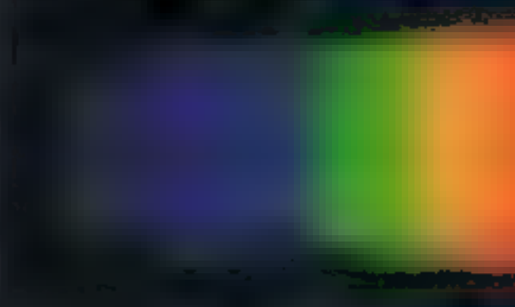


الضَّوء واللَّون

الصورة: تتشكَّل أقواسُ قُزَحَ عندما يخترق ضوءُ الشمس قطرات مطر. أقواس قُزَح المُزدوِجة تُرى أحيانًا عندما تكون الشمس ساطِعة.

مَوجات مرئيّة

الحياة لا تكونُ ممكِنة بغير الضوء. فالضوءُ يمكّنُ النباتاتِ من النموّ ويمكّن الإنسانَ والحيوانَ من العيش. الضوءُ هو شكلٌ من أشكالِ الطاقة ينتقِلُ على شكلِ موجات. وهو يشكّلُ الجزءَ الصغيرَ المرئيَّ من الطَّيفِ الكهرمغنطيسيّ، وهو الطَّيفُ الذي يشتمِلُ أيضًا على الموجاتِ الراديويةِ والتلفزيونيةِ، والموجاتِ الصُّغريةِ، والأشعةِ تحت الحمراءِ، والأشعةِ فوق البنفسجيةِ، والأشعةِ السينيةِ، وأشعةِ غاما. الأجسامُ التي لا تولّدُ ضوءَها الخاصَّ تكونُ مرئيةً لأنَّ الضوءَ من مصدرٍ آخرَ ينعكِسُ عنها. الشمسُ تولّدُ معظمَ الضوءِ الطبيعيِّ على كوكبِ الأرضِ، في حين أنَّ الكهرباءَ هي مصدرٌ اصطناعيٌّ شائعٌ للضوءِ.



الجزءُ المرئيُّ من الطَّيفِ الكهرمغنطيسيِّ

الضوء الطبيعي

مصدرُ الضوءِ الطبيعيِّ الرئيسيِّ على الأرضِ هو الشمس. التفاعُلاتُ النوويةُ في قلبِ الشمسِ تولّدُ طاقةً على شكلِ ضوءٍ وحرارةٍ. أنواعٌ قليلةٌ من الكائناتِ الحيةِ، مثلُ الحباحِبِ (اليَراعِ) والديدانِ المتوهجةِ، تولّدُ أجسامُها ضوءًا طبيعيًّا عبرَ تفاعُلٍ كيماويٍّ نسميه ضيائيةً حيويةً، أو تفسفرًا أحيائيًّا. ظلَّ العلماءُ قرونًا يدرسون ما إذا كان الضوءُ ينتقِلُ على شكلِ موجاتٍ أو جسيماتٍ. في أوائلِ القرنِ العشرينَ المنصرمِ، أدّتِ الأبحاثُ التي قام بها العالِمانِ الألمانيّانِ ماكس بلانك (1858-1947) وألبرت أينشتاين (1879-1955) إلى النظريةِ المقبولةِ اليومَ. يعتقِدُ العلماءُ الآنَ أنَّ الضوءَ يمكِنُ أن ينتقِلَ بأحدِ شكلَيِ الطاقةِ، على شكلِ موجاتٍ أو على شكلِ جسيماتٍ دقيقةٍ نسميها فوتوناتٍ، لكنْ ليس بالشكلينِ معًا في الوقتِ نفسِه.

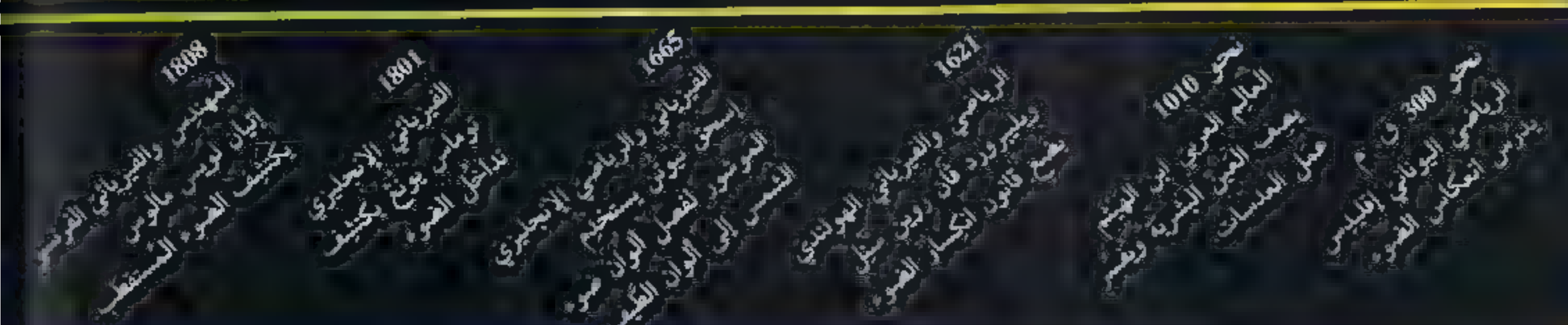
تداخُل

عندما يلتقي شعاعانِ ضوئيّانِ، يتداخلانِ أحدهما مع الآخرِ (ص 118). إذا وقعتْ ذرى أحدِ الشعاعينِ في صفِّ ذرى الشعاعِ الآخرِ، حدثَ تداخُلٍ بناءٍ وأصدرتِ الموجاتُ مشتركةً ضوءًا أشدَّ سطوعًا. على أنّه، إذا وقعتْ ذرى أحدِ الشعاعينِ في صفِّ قرارات الشعاعِ الآخرِ، حدثَ تداخُلٍ إتلافيٍّ يكونُ من نتيجته أنْ يلغي الشعاعانِ أحدهما الآخرَ. هذا النظامُ يؤدي إلى نمطٍ من الظلامِ والنورِ يعرفُ بنمطِ التداخُلِ. يمكِنُ الوصولُ إلى هذه الأنماطِ عبرَ شريحةٍ زجاجيةٍ صغيرةٍ تنقشُ عليها ألوفٌ من خطوطٍ ضيقةٍ نسميها محزوزَ حيود. إذ يمرُّ الضوءُ بين هذه الخطوطِ، ينفصِلُ إلى إشعاعاتٍ دقيقةٍ تنتشرُ متوسعةً فيتداخلُ بعضُها ببعضٍ.

الليزر

يولّدُ الليزرُ أشعةً ضوئيةً عاليةَ التركيزِ يمكِنُ أن تكونَ من القوةِ بحيثُ تقُصُّ المعادنَ. لمعظمِ الليزرِ إمّا غازٌ أو جسمٌ بلوريٌّ كالياقوتِ، محتبَسٌ داخلَ فراغٍ صغيرٍ. وعندَ كلٍّ من طرفيه مرايا. إنْ دفقًا من ضوءٍ شديدِ السطوعِ أو من الكهرباءِ يتسببُ بأن يصدُرَ عن الغازِ أو الياقوتِ ضوءٌ. لونُ هذا الضوءِ يتوقّفُ على المادّةِ المحتبسةِ - الياقوتِ، على سبيلِ المثالِ، يُطلِقُ لونًا أحمرَ. هذا الضوءُ ينعكِسُ عن المرايا في التجويفِ مترددًا بين الطَّرفينِ جيئةً وذهابًا. وفي كلِّ مرةٍ يمرُّ الضوءُ عبرَ البلّورِ يولّدُ التدلخُلُ أحزمةً من الألوانِ من الضوءِ الأبيضِ مرورًا بمحزوزِ الحيودِ الذي تراه في الصورةِ.

جدول زمني

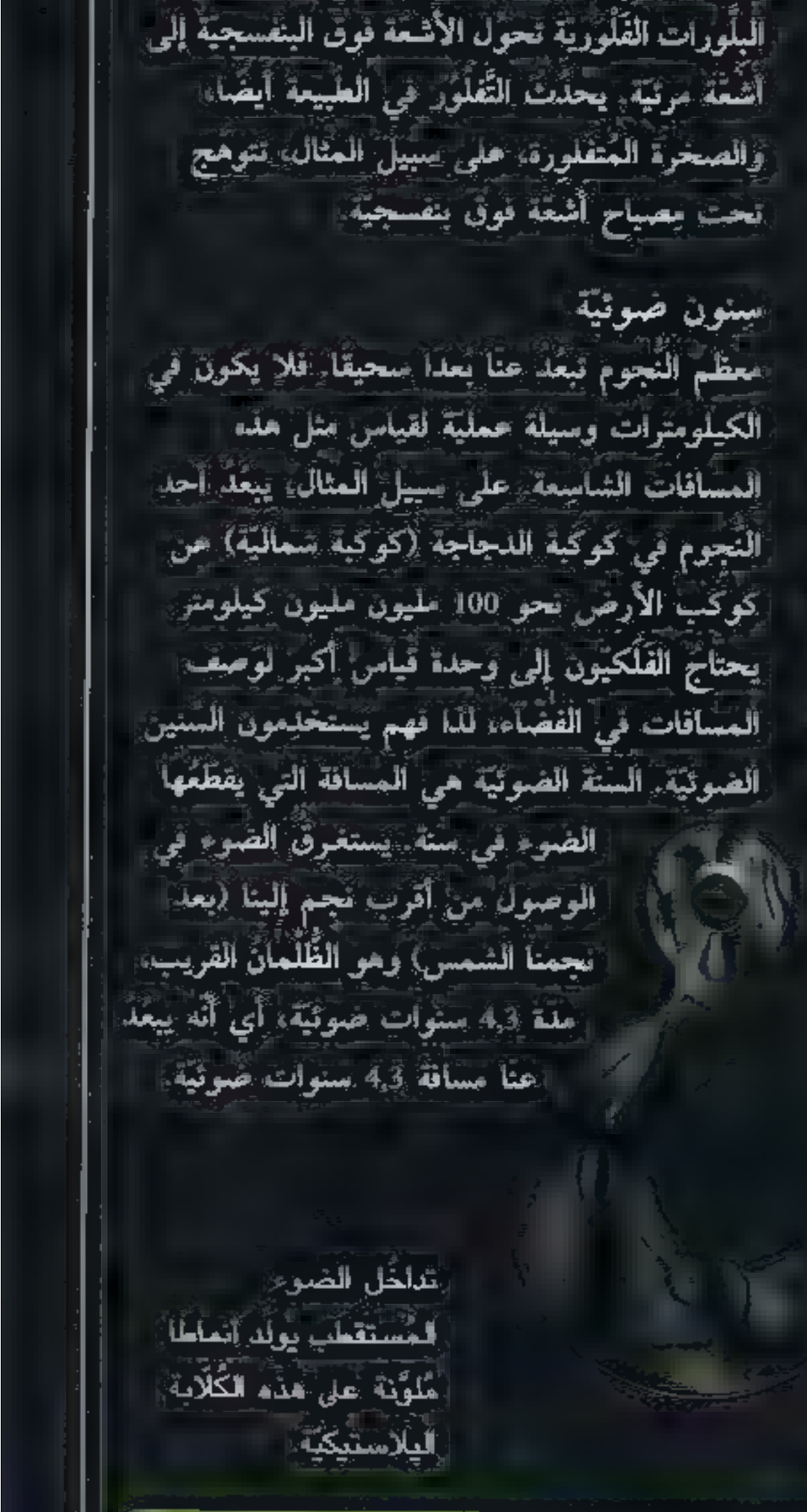


أضواء نيون في مدينة لاس فيغاس الأميركية.

عندما تمرر الكهرباء عبر غاز الزئبق، تتولد أشعة فوق بنفسجية. ولما كنا لا نستطيع أن نرى الأشعة فوق البنفسجية، يغلف داخل الأنبوب بطبقة من البلورات الفلورية تحول الأشعة فوق البنفسجية إلى أشعة مرئية. يحدث التفلور في الطبيعة أيضا، والصخرة المتفلورة، على سبيل المثال، تتوهج تحت مصباح أشعة فوق بنفسجية.

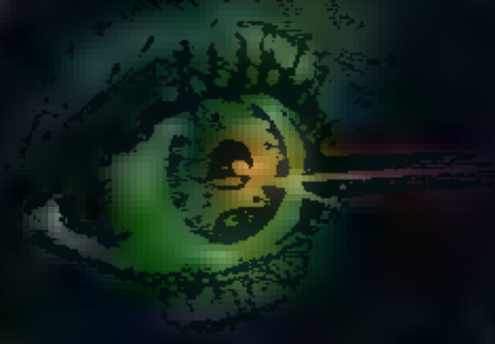
سنون ضوئية

معظم النجوم تبعد عنا بعدا سحيقا. فلا يكون في الكيلومترات وسيلة عملية لقياس مثل هذه المسافات الشاسعة. على سبيل المثال، يبعد أحد النجوم في كوكبة الدجاجة (كوكبة سمالية) عن كوكب الأرض نحو 100 مليون مليون كيلومتر. يحتاج الفلكيون إلى وحدة قياس أكبر لوصف المسافات في الفضاء، لذا فهم يستخدمون السنين الضوئية. السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة. يستغرق الضوء في الوصول من أقرب نجم إلينا (بعد نجمنا الشمس) وهو الظلمان القريب، مدة 4,3 سنوات ضوئية، أي أنه يبعد عنا مسافة 4,3 سنوات ضوئية.



صورة الشمس كما التقطها مسبار الفضاء سوهو.

يستخدم الشعاع الأحمر الصادر عن ليزر الهليوم والنيون في جراحة العين.



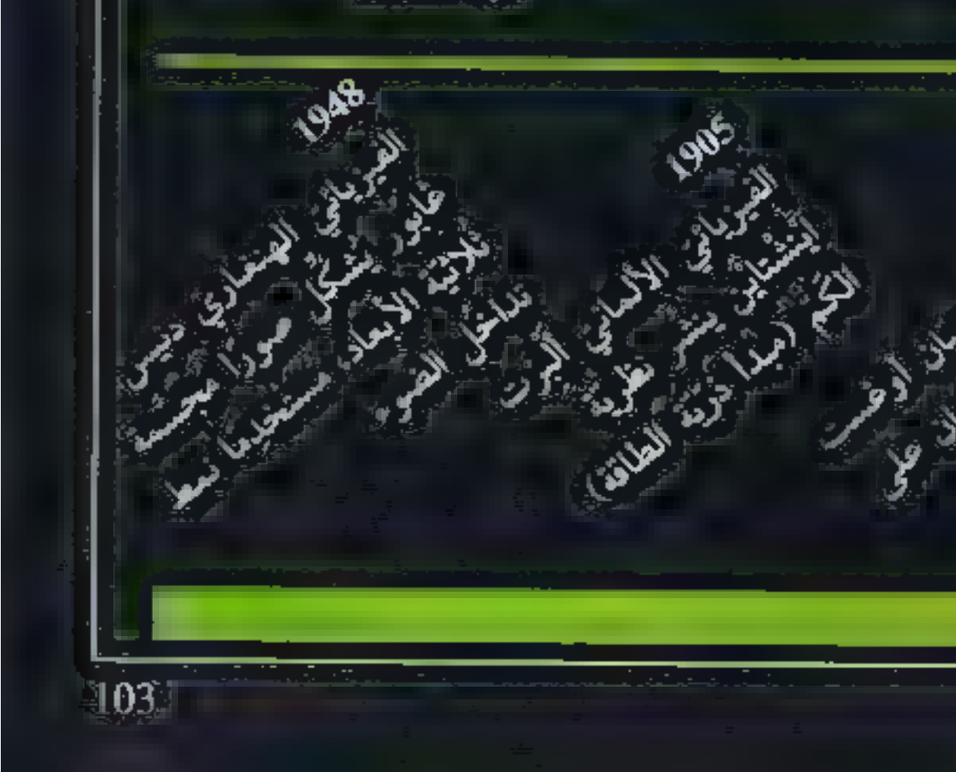
الكهربائي هو جزء الموجة الضوئية الذي يتأثر مع المادة، أو يؤثر بإحداهما في الأخر. يهتز المجال الكهربائي عادة في اتجاهات مختلفة عدة، لكن إذا حدد اهتزاز في اتجاه واحد، نقول إن الضوء مستقطب. ضوء الشمس المنعكس عن الطرق يستقطب أفقيا. لذا، فإن نظارات ذات مرشحات استقطاب لا تمرر إلا الضوء المستقطب أفقيا، تمكن من صد الوهج.

التفلور

عندما يحتم على غاز النيون في أنبوب زجاجي وتمرر الكهرباء عبره، يتوهج بلون أحمر. هذا هو الأساس الذي قامت عليه أضواء النيون الأولى والتي كثيرا ما كانت تستخدم في اللافتات. لكننا اليوم نستخدم في أنابيب الأضواء الفلورية غاز الزئبق لا غاز النيون أو الغاز، يتسبب بأن يصدر عنها المزيد من الضوء. أخيرا، يبزغ ضوء فائق الشدة من فتحة صغيرة في إحدى المرايا. للليزر استعمالات عديدة، من الجراحة الطبية، إلى تشكيل صور مجسمة ثلاثية الأبعاد، إلى قراءة المعطيات على أقراص الكومبيوتر المدمجة.

ضوء مستقطب

للموجات الكهرمغنطيسية مثل موجات الضوء جزءان، مجال كهربائي ومجال مغنطيسي. المجالان ينتقلان في زاوية قائمة بالنسبة إلى اتجاه الموجة. المجال



تداخل الضوء

المستقطب يولد أنماطا ملونة على هذه الكلابة البلاستيكية

1948 الفيزيائي الهندي ديس ثابور يشكل صورا مجسمة مستخدما نمط تداخل الضوء

1905 الفيزيائي الألماني ألبرت أينشتاين ينشر نظرية الكم (مبدأ ذرة الطاقة)

1895 الكيميائيان الفرنسيان أوغست ولويس لوميير يعرضان على الناس فنا سينمائيا

1880-90 العالمان الأميركيان ألبرت مايكلسن وإدوارد مورلي يستخدمان التداخل ليقررا أن سرعة الضوء ثابتة

1864 الفيزيائي الاسكتلندي جيمس كليرك ماكسويل يستنتج أن الضوء هو موجة كهرمغنطيسية تتشكل جزئيا من التقلب الكهرمغنطيسي

1840-50 الفلكي الإنجليزي جون هرشل والفيزيائي الفرنسي إدموند بيكريل يلتقطان صورا ملونة لأطياف الضوء

الضَّوء والظِّلّ

المواد الشفافة، مثل الزُّجاج، تسمح بمرور الضوء عبرها، لكن المواد العتيمة غير المنفذة، مثل الخشب، فإنها تحجب الضوء. ينتقل الضوء في خطوط مستقيمة، فإذا وقع على جسم غير منفذ، تشكّل في الموضع الذي لم يمرّ فيه الضوء ظلٌّ يشبه الجسم شكلاً. في كل ليلة يعمّ الظلام إذ يقع علينا ظلّ الأرض، إذ تدور الأرض حول محورها، يحتجب ضوء الشمس عن بقاع لمدة ساعات تكون في أثنائها واقعة في ظل ما تبقى من كوكب الأرض. الظلال تقع أيضا على أجزاء من الأرض في خلال الكسوف الشمسي.

ظِل الوقت

يمكن استخدام الظلال لتنبئنا إلى الوقت. المِزْوَلة تشير إلى الوقت النهاري بالظلّ الذي يقع على سطحها إذ تتحرك الشمس تدريجا في قبة السماء. يدعى الجزء من المِزْوَلة الذي يستخدم في إسقاط الظل شاخصا. في هذه المِزْوَلة (إلى اليمين)، يقع الظل على حلقة معدنية كبيرة مرفوعة عن الأرض بزاوية. على الحلقة علامات تدل على ساعات اليوم ونعرف الوقت من العلامة التي يقع عليها ظل الشاخص.

ظاهرة حلقة البلس في خلال كسوف الشمس

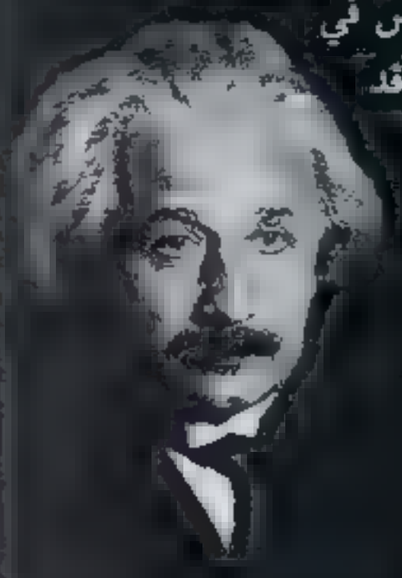
الظلّ الأوسع

يحدث الكسوف الشمسي عندما يحجب القمر ضوء الشمس فيسقط ظله على الأرض. ولما لم يكن القمر يحجب الشمس كلية، يكون الظل غشاء المركز المعتم من العتيم، أو الغشاوة، يسميه سويداء الظل. ويسمي الظل الخفيف حول الأطراف شبه الظل. في خلال الكسوف الشمسي، يرى الناس في منطقة سويداء الظل كسوفا تاما، في حين يرى الناس في منطقة شبه الظل كسوفا جزئيا. أما الخسوف القمري فيحدث عندما يقع القمر في ظل الأرض. في خلال الخسوف، يكون القمر عادة أحمر لا تام العتمة. يأتي هذا اللون من كميات ضئيلة من ضوء الشمس تصل إليه إذ ينكسر هذا الضوء (ص 108-09) عند اختراقه جو الأرض.

◄ النسبية العامة ►

عالم الفيزياء النظرية الألماني المولد ألبرت أينشتاين (1879-1955) كتب نظريتين عن النسبية. نظريته عن النسبية العامة والتي نشرت في العام 1916 تصف الجاذبية. وهي تقول إن قوة الجاذبية يمكن أن تلوي الضوء، لذا فإن جاذبية الكواكب والنجوم تجعلها تعمل عمل عدسات عملاقة. اختبر عالم الفيزياء الفلكية البريطاني آرثر إدنغتون هذه النظرية خلال كسوف للشمس في العام 1919. صور إدنغتون النجوم التي مرّ ضوؤها قرب الشمس خلال الكسوف وقارنها بصور للنجوم نفسها التقطت عندما كانت الشمس في موقع آخر من قبة السماء. بدا أن النجوم قد تحركت قليلاً، وهو ما برهن أن جاذبية الشمس كانت فعلاً تلوي عنها الضوء، تماماً كما توقع أينشتاين في نظريته. هذه النتيجة شهرت أينشتاين.

137



ألبرت أينشتاين

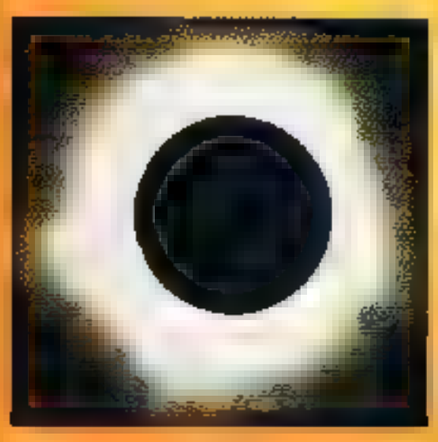
نجوم ثنائية

العديد من النجوم التي نراها هي في الواقع نجوم ثنائية. هذه هي أزواج من النجوم ينجذب واحدها إلى الآخر بفعل الجاذبية. عندما ننظر إلى النجوم الثنائية من الأرض، نلاحظ أن كل نجم يمر تكرارا أمام النجم الآخر ويحجب ضوءه. فالنجمان متقاربان يدوران حول مركز جاذبية مشترك. ويحدد العلماء النجوم الثنائية من تغير درجة سطوعها. في مركز هذا السديم (إلى اليسار) الذي التقط صورته تلسكوب هابل الفضائي، نجم ثنائي

تواريخ الكُسوف الكلّيّ 1998-2020

توقُّع الكُسوف

يحدُث الكُسوف الشمسيّ عندما يمُرُّ القمر وهو في الإقتران بين كوكب الأرض والشمس، ويُسقِطُ ظِلّه على سطح الأرض. يكون القمر في الإقتران كلّ 29,5 يومًا، لكنّ الكُسوف يحدُث فقط كلّ نحو 18 شهرًا. سبب ذلك أنّ مدار القمر حول الأرض مائل في زاوية خمس درجات مُقارَنةً بمدار الأرض حول الشمس. لذلك فإنّ ظِلّ القمر يمُرُّ معظم الأحيان فوق كوكب الأرض أو تحته. عندما يحدُثُ كُسوف شمسيّ، إيّاك أن تنظُرَ إلى الشمس من دون أن تَحمِيَ عَينَيك.



الهالة، أو الإكليل، خلال كُسوف الشمس الكلّيّ

تَعال نُجرِّب

دُمى الظِّلّ

شكِّل ظِلال تسلية بدمى الظل. اللوازم: قلم رصاص؛ ورقة مقوّاة؛ مقص؛ شريط لاصق؛ مصباح يدوي

1 أرسم مخطّطًا لشخصية تختارها على ورقة مقوّاة. (قد ترغب في أن تنسخ الشبحين اللذين تراهما هنا). فصّل الشخصية بعناية والصِقْها إلى طرف قلم الرصاص

2 إرفع الدمية قريبًا من الحائط، ثم أشِع عليها ضوء المصباح لتشكيل ظِل. وللتنويع، ضع يديك في طريق الضوء ولاحظ أنماط الظلال المتشكّلة على الحائط. جرِّب ضمّ اليدين وتحريك إصبع أو أكثر لترى ما يحدث. لاحِظ أيضًا الأثر الذي يتركه تحريك ضوء المصباح في أوضاع مختلفة.

تاريخ الظِّلال

مسارح الظِّل شائعة منذ القديم في أنحاء من آسيا. في القرن السابع عشر، توسّعت انتشارًا فوصَلت أوروبا، وكان فيها مُقدِّمات للسينما الحديثة. القُضبان الموصولة إلى هذه الدمى الجانبية تمكّن من تحريك الأطراف.

الِانعكاس

معظمُ الأجسامِ لا تولّدُ ضوءَها.

ونحن نراها لأنّ الضوءَ ينعكسُ عنها. لهذا السببِ لا نستطيعُ أن نَرى في الظلام. الأجسامُ الخَشِنةُ والداكِنةُ تعكِسُ الضوءَ أقلَّ ممّا تعكِسهُ الأجسامُ اللمّاعةُ الفاتحةُ اللونِ. المرايا تعكسُ معظمَ الضوءِ الواقعِ عليها. وهي تُشكِّلُ صورًا للأجسامِ لأنّها تعكِسُ إشعاعاتِ الضوءِ الواقعةَ عليها في اتّجاهٍ واحدٍ وبالنَسقِ نفسِهِ الذي تَصِلُها به تلك الإشعاعاتُ. وعلى عكسِ ذلك الأجسامُ الخَشِنةُ لتي تُشتِّتُ الضوءَ في اتّجاهاتٍ عدّةٍ.

قوانين انعِكاس الضَّوء

في انعكاس الضوء هناك دائمًا شُعاع وارد، أو ساقط، وشُعاع مُنعكِس. زاوية بين شُعاع الورود الواقع على المرآة وبين خطّ «عدديّ» وهميّ يقعُ على المرآة بزاوية قائمة هي دائمًا بزاويه نفسها التي تكونُ بين الخطّ «العدديّ» والشُّعاع المُنعكس. لشُّعاعين كلاهما والخطّ «العدديّ» تقعُ على سطح المُسطَّح المُحلَّل نفسه. الصور التي تشكّلُها المرايا المُسطّحة هي صور افتراضيّة (تبدو كأنّها وراء المرآة) وبشكل معكوس

تَعالَ نُجرِّب
قَوانين انعِكاس الضَّوء

نُبرهِن على أنّ زاوية الضوء الوارِد على مرآة مُساوِية لزاوية الضوء المُنعكِس.

اللوازم: مِصباحان يدَويّان؛ مُرشِّحان مُلوّنان (من ورق لفّ سكاكر مثلًا)؛ قِطعتان من الورق المُقوّى؛ مِقَصّ؛ طلحيّة ورق كبيرة؛ مِنقَلة؛ مرآة صغيرة؛ معجون تشكيل؛ قلم.

1 ثبّتْ مُرشِّحًا من لون مختلف فوق كلّ من المِصباحَين. اعمل شَقًّا رأسيًّا، أو عَموديًّا، في كلّ من قِطعتَي الورق المُقوّى. ضَعِ المِصباحَين على الأرض. ضَعْ ورقة مُقوّاة أمام كلّ منهما، فيُشِعّ ضوء ملوّن عبر الشقّ وصولًا إلى المرآة.

2 ضَعِ الورقةَ على الأرض وضَعْ عليها المِنقَلة. أسنِدِ المرآة بمعجون التشكيل، لتوقِفَها أمام الطرف المُستقيم من المِنقَلة. علِّمْ على الورق خطّ الـ90°، وشُعاع الورود والشُّعاع المُنعكِس لكلّ لون.

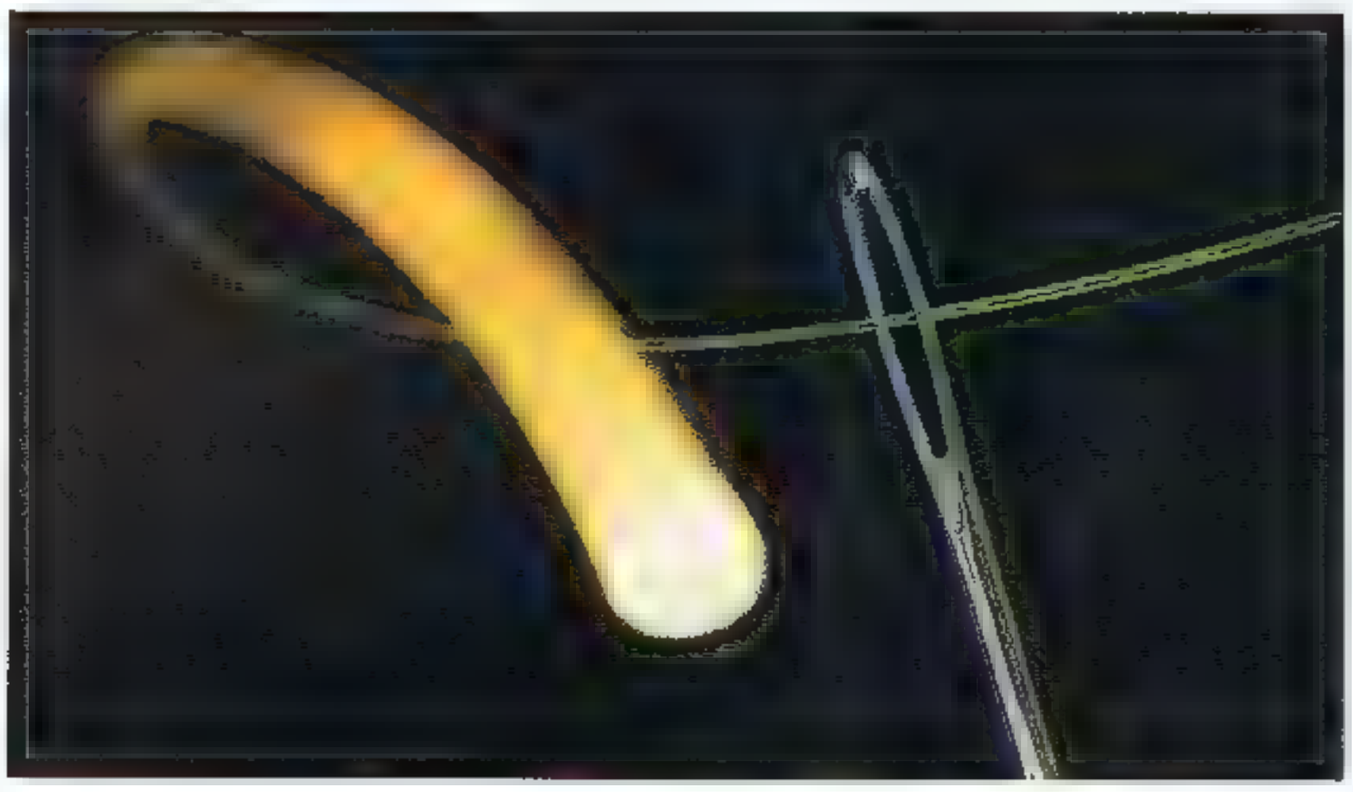
3 لكلّ لون، يمكن أن تكون الزاوية بين علامة الـ90° والشُّعاع الوارد مُساوية للزاوية بين علامة الـ90° والشُّعاع المُنعكِس. حرِّكِ المِصباحَين إلى مَواضِع أخرى، فترى أنّ الزاويتَين تظلّان دائمًا مُتساويتَين.

ألياف بصريّة

معظم المكالَمات التلفونيّة والرسائل الإلكترونيّة تُحوِّلها أجهزة إلكترونيّة إلى نبضات ضوئيّة وتحمِلها كبلات من الألياف البصريّة إلى الجهات المُرسَلة إليها. عند وصولها، تقومُ أجهزة إلكترونيّة فتُحوِّل النبضات الضوئيّة إلى أصوات ومعلومات. الألياف البصريّة كهذا الذي في الصورة إلى اليسار (ومعه إبرة لتُري حجمه) مصنوعة من لُبّ زُجاجيّ رفيع قادر على كسْر الضوء بقوّة. هذا اللُّبّ مُغلَّف بتَكْسِية زُجاجيّة أقلّ كسْرًا للضوء. إذا دخلَت نبضاتُ لضوء الليفَ البصريّ في زوايا معيَّنة، يعمَل الحدّ الفاصل بين لتَكْسِية واللُّبّ عمَل مرآة فيَعكِسُها جيئة وذهابًا رُولًا في الليف. وعلى هذا النحو يمكن لنبضات الضوء أن تنتقِل مسافات بعيدة.

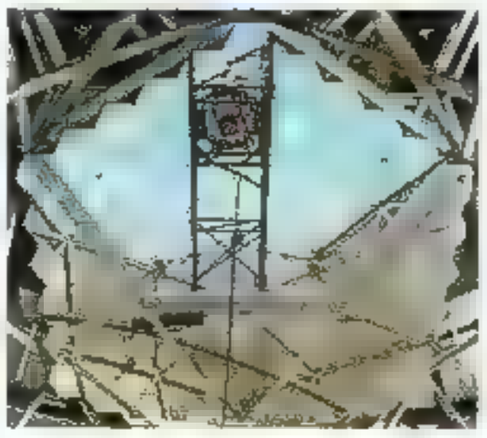
مِنظار داخليّ

حُزَم الألياف البصريّة داخل المناظير الداخليّة (مناظير طبّيّة طويلة رفيعة للنظر داخل الجسم البشريّ) تنقُل صورًا تفصيليّة إلى شاشات تلفزيونيّة أو إلى عينيّة ليتَمكّن الأطبّاء من رؤيتها تُضيء المنطقة المَدروسة حُزْمة أخرى من الألياف البصريّة. هنا الجرّاحون يستخدِمون مِنظارًا داخليًّا خلال جِراحة لإستئصال المرارة عبر فُتحة مُستدِقّة.



تلسكوب عاكِس

تجمَع مرآة مُقعَّرة كبيرة، تُدعى المرآة الرئيسيّة، الضوءَ من النُّجوم والكواكب داخل تلسكوبات عاكِسة. الضوء المُنعكِس عن تلك المرآة يسقُط على مرآة أصغر مُسطَّحة فتتشكَّل صورة. الصورة إمّا أن تُسجَّل على فِلْم فوتوغرافيّ أو تُرى عبر عدسات عَينيّة تُضخِّمها. من المرايا في التلسكوبات العاكِسة أشكال مختلفة وتُصفّ بأشكال مختلفة أيضًا. هذا التلسكوب (إلى اليسار) كان قد صَمَّمَه إسحق نيوتُن (1642-1727). أكبر مرآة لتلسكوب في العالَم (إلى اليمين) هي مرآة تلسكوب هوبي - إيرْلي في مرصَد ماكدونالْد في تكساس، الولايات المتّحدة الأميركيّة، ويبلُغُ قُطرها 11م.



لمرآة تلسكوب هوبي-إيرْلي 91 قِطعة.

مُقعَّرة ومُحدَّبة

السُّطوح المَحنيّة يُمكِن أن تكون إمّا مُقعَّرة، ويعني أنّها محنيّة إلى الداخل، أو مُحدَّبة، ويَعني أنّها مَحنيّة إلى الخارج. المرايا التي نَستعمِلُها في رؤية صورنا المُنعكِسة هي مرايا مُسطَّحة لأنّه على الرغم من أنّ صوَر الجسم تظهَر معكوسة من اليمين إلى اليسار، فهي بحجم الجسم نفسه. المرايا المَحنيّة تُعطي صوَرًا مُحرَّفة تكون أكبر أو أصغر من الجسم المُنعكِس عنها.

مرآة مُحدَّبة

أشعّة الضوء المُنعكِسة عن المرايا المُحدَّبة تنتشِر إلى الخارج مُفرِجةً، وهذا يجعَلها تبدو وكأنّها تأتي من نُقطة واقِعة وراء المرآة. صورة الافتراضيّة المُتشكِّلة وراء المرآة تكون أصغر من الجسم، لذا تُستخدَم المرايا المُحدَّبة كمرايا للرؤية الخلفيّة في السيّارات لتُساعِد السائقين على رؤية أكبر جانب مُمكِن من الطريق خلفهم.

مرآة مُقعَّرة

الضوء المُنعكِس عن المرايا المقعَّرة يتأثّر أمامها تتشكَّل صورة تكون، اعتمادًا على مدى قُرب الجسم من المرآة، إمّا مُكبَّرة، أو بالحجم نفسه، أو صورة حقيقيّة أصغر (والتي تكون أمام المرآة) أو صورة افتراضيّة مُكبَّرة (والتي تكون وراء المرآة). مرايا الحلاقة والتبرُّج المُكبِّرة هي مرايا مقعَّرة.

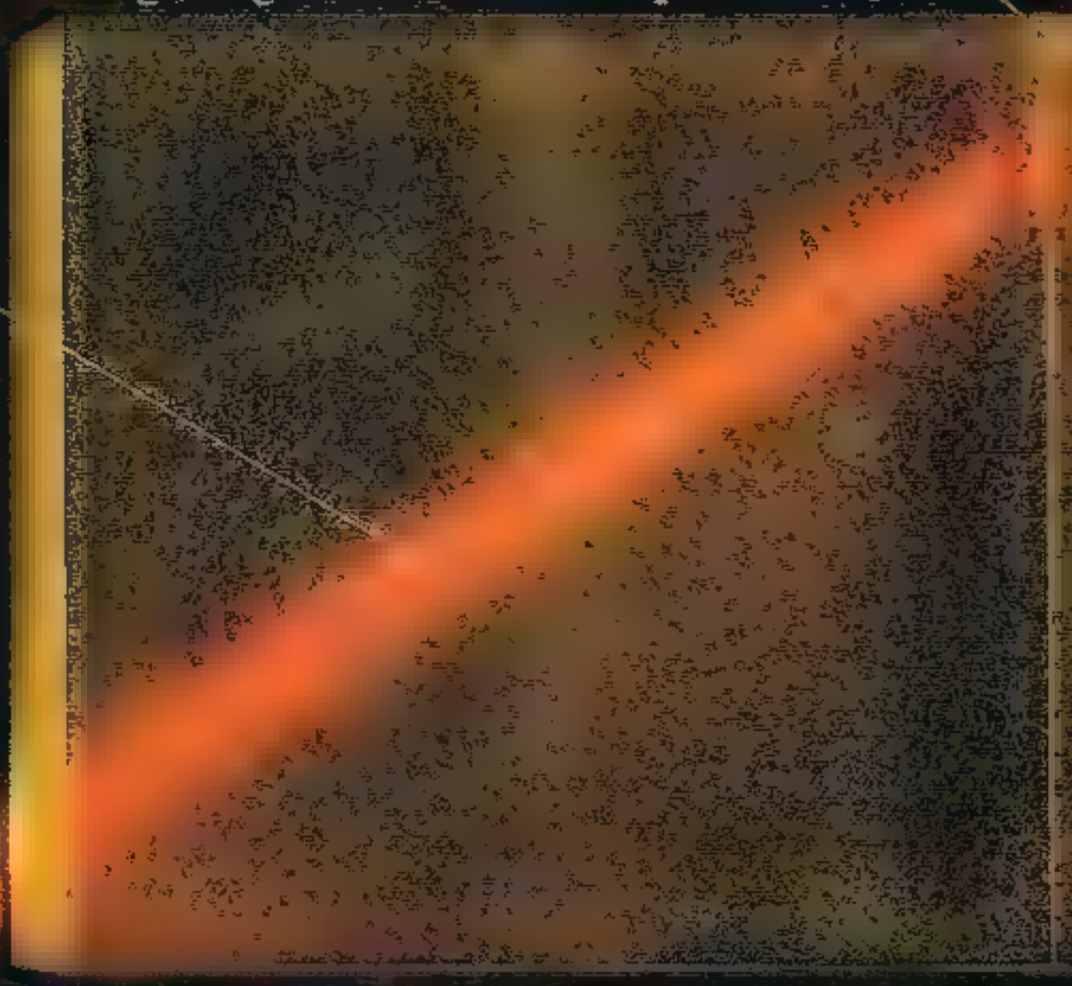
إنكسار الضَّوء

عندما ينتقِلُ الضَّوءُ من مادّةٍ شفّافةٍ إلى أخرى، يُغيِّرُ اتّجاهَه تغييرًا طفيفًا. هذا الإلتواءُ يُعرَفُ بالإنكسارِ. إذا نظَرتَ إلى ساقَيك حين تكونُ واقِفًا في الماءِ، ستبدوانِ مُلتويتَينِ. سببُ ذلك أنّ الضَّوءَ ينكسِرُ إذ يخرُجُ من الماءِ إلى الهواءِ. تُسمّى القِطَعُ الشَّفّافةُ المَحنيّةُ التي تعكِسُ الضَّوءَ بطريقةٍ خاصّةٍ عدسات. لمعظمِ الآلاتِ البصريّةِ، بما فيها المناظيرُ والتلسكوباتُ والكاميراتُ، عدساتٌ تبثُّرُ الضَّوءَ وتولِّدُ صورةً للمرئيِّ.

التلسكوب الكاسر

تُستخدم عدسات داخل التلسكوب الكاسر لتوليد صور مكبّرة لأجسام بعيدة مثل الكواكب والنُّجوم. العدسة الكبيرة عند الطرف البعيد من التلسكوب تجمع الضوء من الجسم وتولِّد صورة له. العدسة الأصغر عند الطرف القريب هي عدسةُ العَينيّة، وهي التي تُكبِّر الصورة.

شعاع الضوء يلتوي إذ يترك الهواء ويدخل لوح الزُّجاج



الضوء داخل اللوح ينتقِل في خطٍّ مُستقيم.

شعاع الضوء يلتوي إذ يترك لوح الزُّجاج ويدخُل الهواء.

قوانين الإنكسار

تُرى الصورة إلى اليمين شعاع ضوء ينكسِر إذ ينتقِل من الهواء ويدخُل أعلى لوح زُجاجيّ، ثم ينكسِر ثانيةً إذ يترك لوح الزُّجاج من الجهة السُّفلى. في العام 1621، اكتشف الرياضيّ الهولنديّ ويليبرورد سنِل (1580-1626) أنّ بين الزاوية التي يدخُل فيها شعاع الضوء مادّة تكسِره، وبين زاوية الإنكسار، علاقة رياضيّة دقيقة. هذه العلاقة تولِّد عددًا يُعرَف بمعامِل الإنكسار، أو دليل الإنكسار، وهو عدد يدُلُّنا على قُدرة المادّة على كسر الضوء.

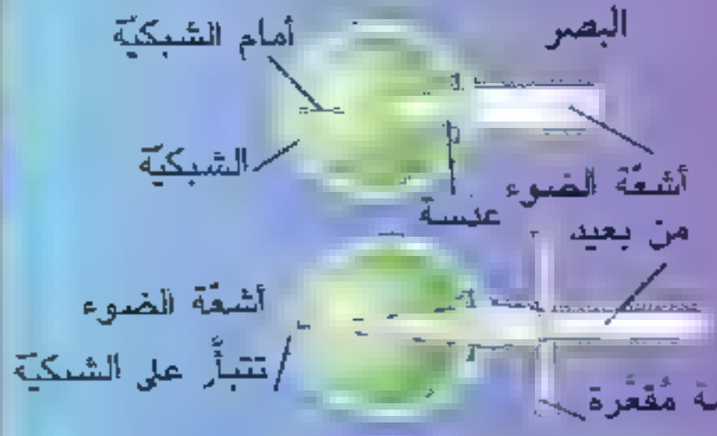
ويليبرورد سنِل

العدسات

تُستخدم في صُنع العدسات موادّ شفّافة مثل الزُّجاج والبلاستيك. العدسات تكسِر الضوء. العدسات المُحدّبة تجمع الضوء. يتركّز الضوء أو يتبأّر حيث تلتقي الإشعاعات المُتجمّعة. العدسات المُحدّبة تجعل الأجسام تبدو أكبر أو أصغر، اعتمادًا على المسافة التي تفصِلها عنها. العدسات المُقعّرة تتسبّب بانفراج إشعاعات الضوء، وتجعل الأجسام تبدو أصغر.

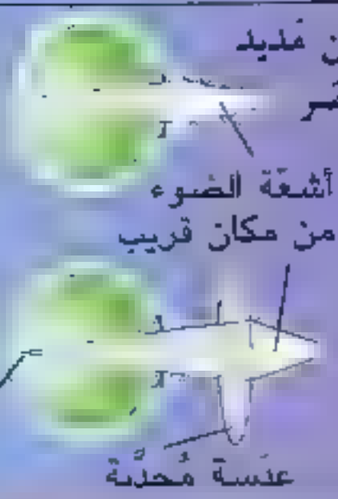
قِصَر البصر

للرؤية الواضحة، يسعى أن تتأثّر أشعّة الضوء التي تدخُل العين على الشبكيّة. الشخص المُصاب بقِصَر البصر، أو ما يُعرَف بالحَسَر، يرى الأشياء القريبة بوضوح، لكنّ الأشياء البعيدة تبدو له غَبِشةً. سبب ذلك أنّ العَينَين تكونان في هذه الحالة أطول ممّا ينبغي، فيَتبأّرُ الضوء قبل الوصول إلى الشبكيّة، لا عليها. تُستخدم نظّارات ذات عدسات مُقعّرة لتصحيح هذا العَيب.



مديد البَصَر

يرى مَديد البصر الأشياء البعيدة بوضوح، لكنّ الأشياء القريبة تبدو غَبِشة. عَسا مَديد البصر أقصر ممّا ينبغي، لذا تتبأّر الأشعّة الآتية من مكان قريب وراء الشبكيّة لا عليها. عدسة حديث السنّ تُصحّح، عند الحاجة، باستخدام نظّارات بعدسات مُحدّبة تُمكّن من الرؤية السَّليمة.



تَعال نُـجرِّب

كسْر أشعّة الضوء

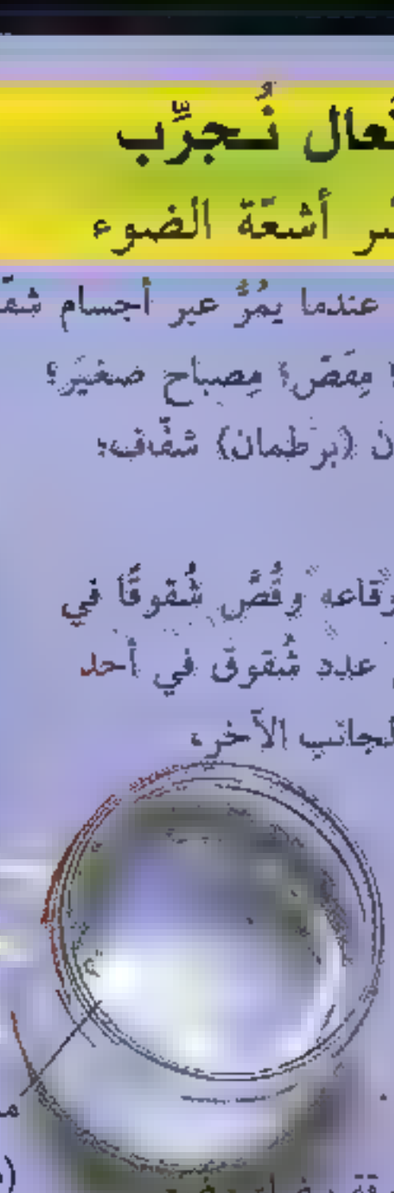
أُنظُرْ كيف ينكسِر الضوء عندما يمُرُّ عبر أجسام شفّافة.

اللوازم: صُندوق كَرتونيّ؛ مِقَصّ؛ مِصباح صغير؛ ورقة مُقوّاة بيضاء؛ مرطبان (برطمان) شفّاف؛ قنانٍ؛ عدَسات.

1 أزِلْ أعلى الصندوق وقاعه وقُصَّ شُقوقًا في كلّ من جانبَيه. اجعل عدد شُقوق في أحد الجانبَين مُختلفًا عنه في الجانب الآخر، وعلى سبيل المثال، اجعلْها سبعة شُقوق مُتقارِبة في أحد الجنبين وثلاثة مُتباعِدة في الجانب الآخر.

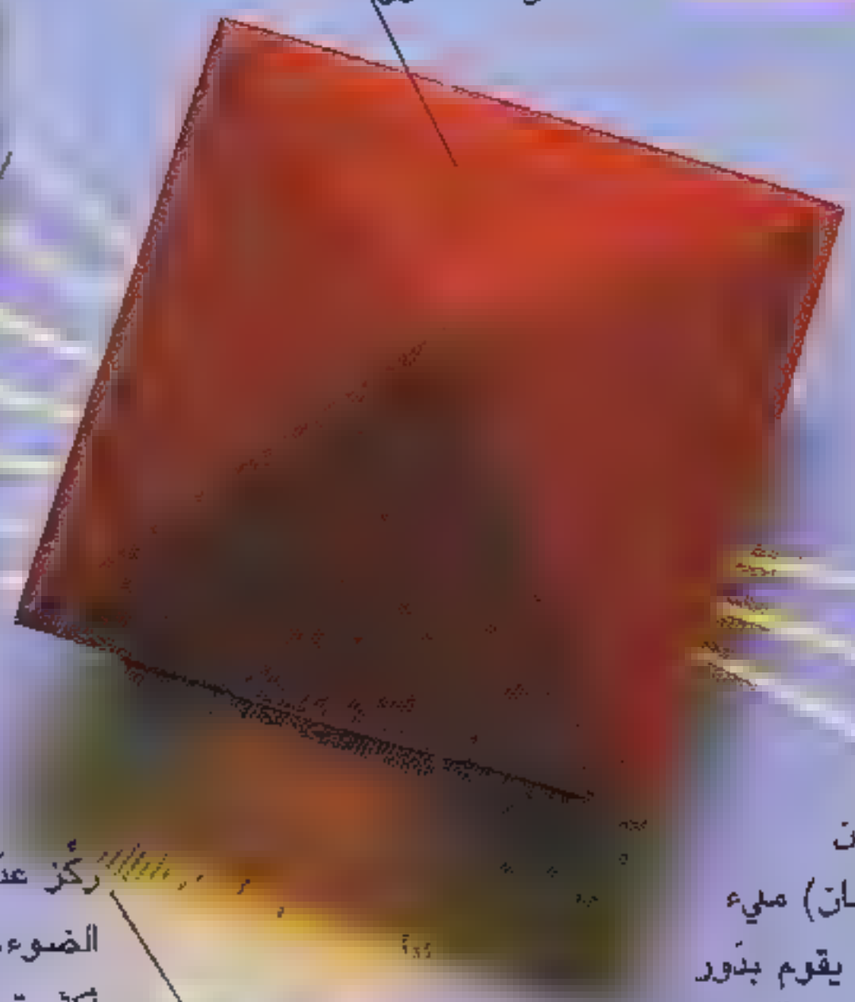
2 ضَع المِصباح على ورقة بيضاء وضَع الصُّندوق فوقه. اِصنَعْ من الورق المُقوّى سقفًا للصُّندوق كي لا يتسرّب الضوء من أعلاه.

3 عتِّم الغرفة، ثمّ ضَع الأجسام الشفّافة في طريق أشعّة الضوء الصادِرة من شُقوق الصُّندوق. أُنظُرْ كيف أنّ هذه الأجسام تعمل عمَل عدَسات مُحدَّبة، جالِبةً الأشعّة إلى نُقطة تبئير. قُمْ بالتجربة مع عدَسة مُقعَّرة (أُنظُرْ أدناه).



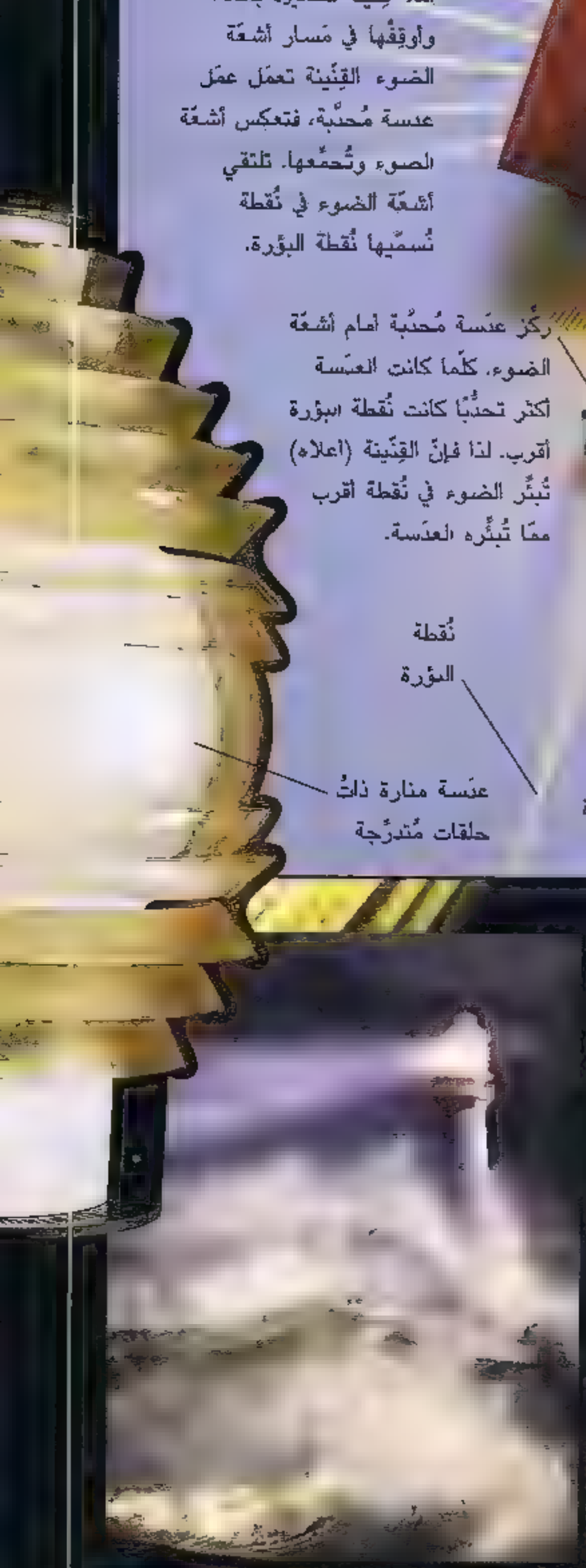
العدسات المُقعَّرة

رَكِّزْ عدسة مُقعَّرة في مسار أشعّة ضوء. أُنظُر كيف ينفرِجُ الشعاع كما تَرى في هذه الصورة (إلى اليمين).



املأ قِنّينة صغيرة بالماء وأوقِفْها في مَسار أشعّة الضوء. القِنّينة تعمَل عمَل عدسة مُحدَّبة، فتعكس أشعّة الضوء وتُجمِّعها. تلتقي أشعّة الضوء في نُقطة نُسمّيها نُقطة البؤرة.

رَكِّز عدَسة مُحدَّبة أمام أشعّة الضوء. كلّما كانت العدَسة أكثر تحدُّبًا كانت نُقطة البؤرة أقرب. لذا فإنّ القِنّينة (أعلاه) تُبئِّر الضوء في نُقطة أقرب ممّا تُبئِّره العدَسة.



مَنارة

يمكِن تحذير السُّفن من الأخطار الكامِنة، وتحديد موقعها من خلال ضوء منارة، كهذه المَنارة الواقعة في جنوب إفريقية. الفيزيائيّ الفرنسيّ أوغستين فريسنل (1788-1827) صمّم في العشرينيّات من القرن التاسع عشر عدَسة مَنارة كهذه العدسة الظاهرة هنا. تُطلِق هذه العدَسة أشعّة ضوء قوية، ولا تزال مَشيلات لها اليوم تبُثّ الضوء إلى بُعد يزيد على 40 كم. بنيت المَنارة الأولى في التاريخ في نحو العام 280 ق.م على شاطئ الإسكندرية في مصر لهداية السُّفن القادِمة.

جراحة إعتام عدسة العَين

يتسبب التقدّم في السن وبعض الأمراض بمنطقة عتيمة في عدسة العَين (والتي تكون شفّافة في حالتها الطبيعيّة) تمنع نفاذ الضوء منها. وهو مرض في العَين يسمى السدّ أو إعتام عدسة العَين. يتسبب السدّ برؤية غبشة أو بالعمى. لتصحيح هذه العِلّة، تزال العدسة المُصابة في عملية جراحية ويستعاض عنها بعدسة بلاستيكية.

وَهْم بصريّ

في معظمِ الأحيانِ يُفسِّرُ دِماغُنا الإشاراتِ الواردةَ إليه من عُيونِنا تَفسيرًا صحيحًا. لكن يحدُثُ أحيانًا أن نَنخدِعَ فنظُنَّ أنّنا نَرى أشياءَ ليست في حقيقةِ الأمرِ هناك. نَدعو ذلك وَهمًا بصريًّا. بعضُ الأوهامِ البصريّةِ، مثلُ السَّرابِ، تحدُثُ طبيعيًّا. لكنّ أوهامًا أخرى، مثلَ وَهمِ العُمقِ على سطحٍ مُسطَّحٍ أو الصوَرِ المُستحيلةِ الأشكالِ، تكونُ اصطناعيّةً يُقصَدُ بها اللَّهو. ونحن نُفسِّرُ المعلوماتِ التي نَتلقّاها من الحواسِّ بما يُعرَفُ بالإدراكِ. الخِبراتُ السابقةُ التي اختبَرْنا فيها الإحساسَ بالأشياءِ عامِلٌ مُهِمٌّ في تكوينِ الإدراكِ.

تُفسِّرُ أدمِغتنا هذا الشكل الثلاثيّ الأضلاع على أنّه شكلٌ ذو أبعاد ثلاثة مُستحيلٌ.

مَنظور

تبدو الأجسام كلّما ابتعَدَت عنّا أكثر ضبابيّة وأكمَد لونًا وأشدّ ازرِقاقًا. يُحاكي الفنّانون هذه الظاهرة عندما يرسُمون مَشاهِد الطبيعة لإعطاء وَهْم أبعاد ثلاثة على لوحة رسم من بُعدَين. تُسمّى هذه التِّقْنية بالمَنظور الجوّيّ. عندما نَنظُر إلى بعيد، نرى أيضًا أيّ خُطوط مُتوازية – مثل جانبَي طريق طويل مُستقيم – وكأنّها تصيق وتبدو وكأنّها تلتقي عند نُقطة تلاشٍ مُتخيَّلة. يستخدِم الفنّانون هذا الوَهْم البصريّ، المعروف باسْم المنظور الخَطّيّ، كطريقة أخرى لإعطاء الصورة عُمْقًا. تُرسَم الأجسامُ أصغر وأقرب إلى بعضها البعض كلّما كانت أقرب إلى نُقطة التلاشي

السَّراب

إذا تشكَّلَت طبقة من الهواء الساخِن قُرب سطح الأرض تحت طبقة من الهواء البارِد، قد تحدُث ظاهِرة تُعرَف بسَراب الواحات. أشعّة الضوء المُنعكسة عن أجسام بعيدة قد تنكسِر إذ تمُرُّ من هواء بارِد إلى هواء أدفأ. تنكسِر أشعّة الضوء صُعودًا إلى أعيُننا وتظهَر وكأنّ مصدَرها الأرض. لذلك نَرى صورة الجسم مقلوبة رأسًا على عَقِب. كما في هذه الصورة الفوتوغرافيّة (أعلاه) والتي التُقِطت في صحراء مصر الغربيّة. تبدو الصورة وكأنّ فيها بِركة ماء، في حين أنّ في الحقيقة صورة السماء الزرقاء. لا عَجَب أنّ السَّراب كان يقودُ الرحّالة العطاش إلى اليأس!

تَعال نُجرِّب
في يدك ثَقْب

نرى عادةً بعَينَينا وفي الوقت نفسه. ونحن لا نُدرِك أنّنا نرى بعَينَين مُنفصلتَين، لأنّ دِماغنا يجمَع الصورتَين اللتين يتلقّاهما معًا، كما سنَرى في هذه التجربة. **اللوازم:** رُقعة من الورق.

1 لُفَّ الورقة على شكل أُنبوب وامسِكْها بيدك اليُمنى أمام عَينك اليُمنى. أنظُرْ في الأُنبوب في حين تترُك عينك اليُسرى مفتوحة.

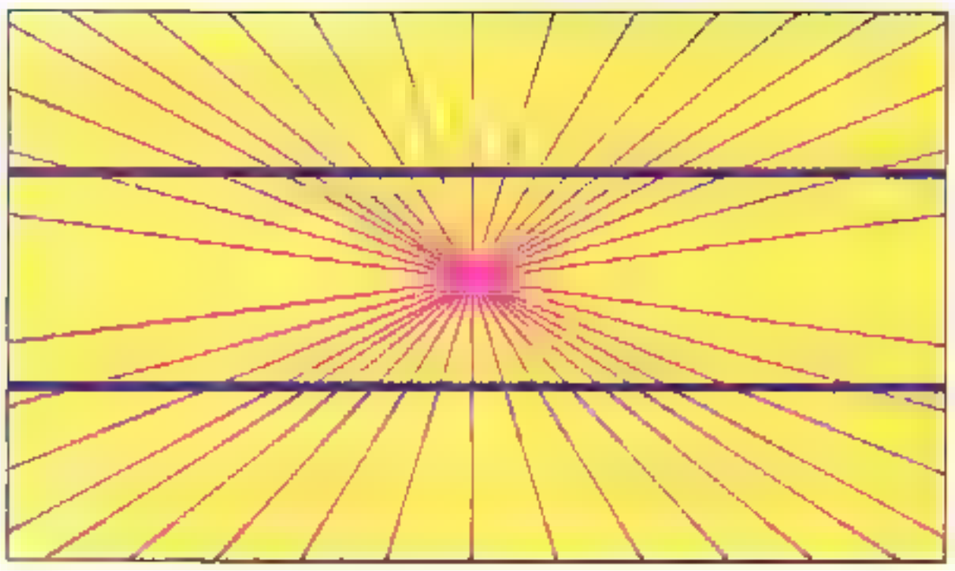
2 ركِّزْ يدك اليُسرى عند نحو ثلثَي الأُنبوب تُرولًا بحيث تكون راحة اليد صوبك ومُتعارِضة مع الأُنبوب (كما ترى إلى اليسار). يُفترض أن ترى ثَقبًا في راحة يدك إذ يجمَع دِماغك الصورتَين اللتين تأتيانه (واحدة من كلّ عَين) في صورة واحدة.

صورة ثُلاثيّة الأبعاد

يُمكن بأشعّة الليزر تشكيل صور ثُلاثيّة الأبعاد. تُطلَق نصف شُعاع ليزَر على فِلْم خاصّ بينما يُشتَّتُ النصف الآخر عن الجسم المُراد تصويره. نمط الضوء المُسجَّل على الفِلْم حيث تلتقي الأشعّة يُمثِّل سُطوع كلّ جُزء من الجسم ومقدار بُعده عن الفِلْم. إنّ توجيه ضوء على الفِلْم المُظهَّر من زاوية مُعيَّنة يكشِف عن صورة ثُلاثيّة الأبعاد.

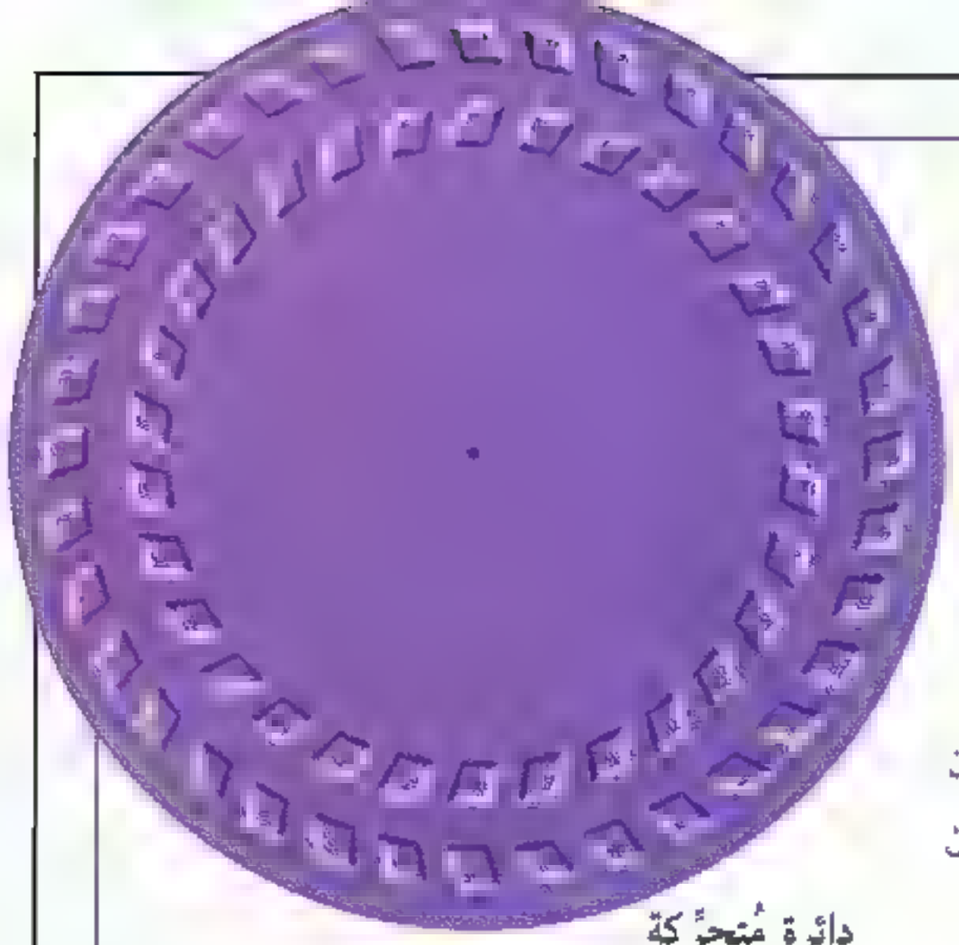
وَهْم البُعدَين

تحدُث بعض الأوهام البصريّة لأنّ دِماغنا ليس عنده ما يكفي من المعلومات لتَفسير ما نَرى تَفسيرًا صحيحًا. وهو يعوِّض عن المعلومات الناقِصة بتَخمينات مَبنيّة على معلومات سابقة عن العالَم الذي يُحيط بنا. وتحدُث أوهام أخرى عندما يتغيَّر مُحيط ما نظُر إليه. قد تبدو الألوان مختلفة إذا اختلفت الألوان التي تُحيط بها، وقد تبدو الأشكال غير ما هي عليه مع خلفيّات مختلفة.



خُطوط مُستقيمة

الخطّان الغليظان المُستعرِضان في هذا الرسم يبدوان مُنحنيَين عند الوسط. في الواقع إنّهما مُستقيمان. بإمكانك أن تُبرهِن على ذلك بوَضع مِسطَرة أمامهما. يَخدِع المرء بنمط الخُطوط خلفهما فيظُنّ أنّهما مُنحنيان.

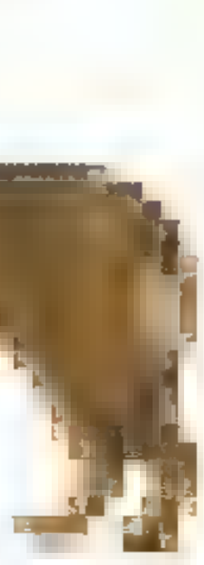


دائرة مُتحرِّكة

الصوَر لا تتنقَّل في أرجاء صفحة، لكن يُمكِن أن تبدو وكأنّها تتنقَّل. حدِّقْ في النُقطة في وسط هذه الدوائر في الوقت الذي تُحرِّك الصفحة صَوب عَينَيك ثمّ بعيدًا عنهما. ستَبدو الدوائر وكأنّها تدور.

صورة مُجسَّمة خفيّة

بإمكاننا أن نَرى أبعادًا ثُلاثيّة لأنّ كلًّا من العَينَين تَرى الشيء من زاوية مختلفة وتلتقِط صورة مختلفة اختلافًا يَسيرًا عن الصورة التي تلتقِطها الأخرى. يُفسِّر دِماغنا هاتَين الصورتَين على أنّهما صورة واحدة لها شكل ولها عُمق أيضًا. يُمكِن إخفاء الصورة ذات الأبعاد الثلاثة لإيجاد وَهْم بالعُمق (الصورة أدناه تُولِّد وَهْمًا بالعمْق). يتِمُّ ذلك بتكرار نمط ذي بُعدَين فوق صورة من أبعاد ثلاثة لإخفائها. سيكون من الصعب رؤية الصورة المَخفيّة. وقد يُمكِنُك ذلك إذا أنت رَكَّزت عَينَيك على جسم أبعد، ثمّ نَظَرتَ إلى الصورة المُجسَّمة من غير أن تُبدِّل في تركيز عَينَيك.



هل تَعرِف ما هذا؟

التعرُّف إلى الصورة

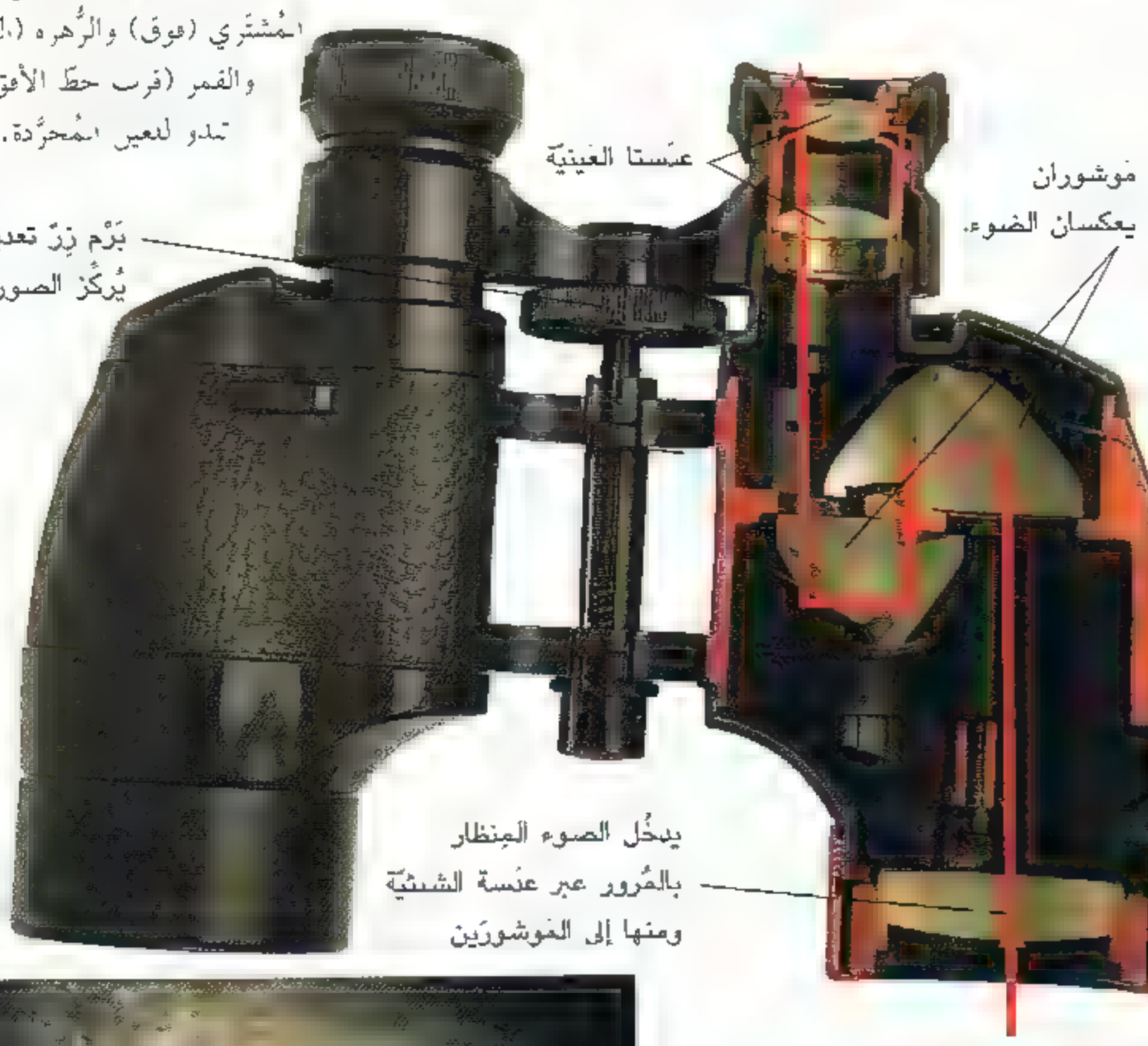
نتعرَّف على ما حولنا من أشياء لأنّ دِماغنا يُقارِن ما نراه بصور أشياء مُختزَنة في ذاكِرتنا. عندما تحدُثُ مُطابَقة، نعرِف ما هو الشيء. إذا كانت الأشياء غَبِشة أو مُغلَّفة بشكل أو بآخر، فقد يُصبِح التعرُّف إليها أكثر صُعوبة. لو كانت صورة هذا الأسد أكثر غَشاوةً لربّما كان الدِّماغ قد أخطأ في التعرُّف إليها وظَنَّها حيوانًا آخر، نَمِرًا مثلًا.

أكثر ممّا تراه العُيون

للعَينِ البشريّةِ قُدرةٌ فائقةٌ على الرؤيةِ إلى مسافاتٍ بعيدةٍ. في الليالي الصافيةِ، حتّى الكواكبُ القريبةُ نراها بالعَينِ المُجرَّدةِ، مع أنّنا لا نَرى شيئًا من التفاصيلِ إلّا إذا نحن اسْتعمَلنا التلسكوباتِ أو المَناظيرَ. ولا نستطيعُ أن نَرى تفاصيلَ الأشياءِ الدقيقةِ أيضًا، لذا نَستعمِلُ الميكروسكوباتِ لنكشِفَ المزيدَ عنها أو لنَرى أجسامًا هي من الصِّغَرِ بحيث يستحيلُ أن نراها بالعَينِ المُجرَّدةِ. بِاسْتِعمالِ نَبائطِ الرؤيةِ الليليّةِ نَرى حتّى في الظلامِ. مثلُ هذه النبائطِ تُضخِّمُ كمّيّاتِ الضوءِ الضئيلةَ المُتوافِرةَ ليلًا لتَوليدِ صورةٍ مرئيّةٍ.

رصْد السماء بالعَين المُجرَّدة
قبل اختراع التلسكوبات في القَرنِ السابع عشر، كان الفَلَكيّون يَرصُدون السماء ليلًا بالعَين المُجرَّدة. هذه الصورة تُري المُشتَري (فوق) والزُّهره (الوسط) والقمر (قرب خطّ الأفق) كما تبدو للعين المُجرَّدة.

رأس ذُبابة الفاكهة مُكبَّر 45 مرّة.

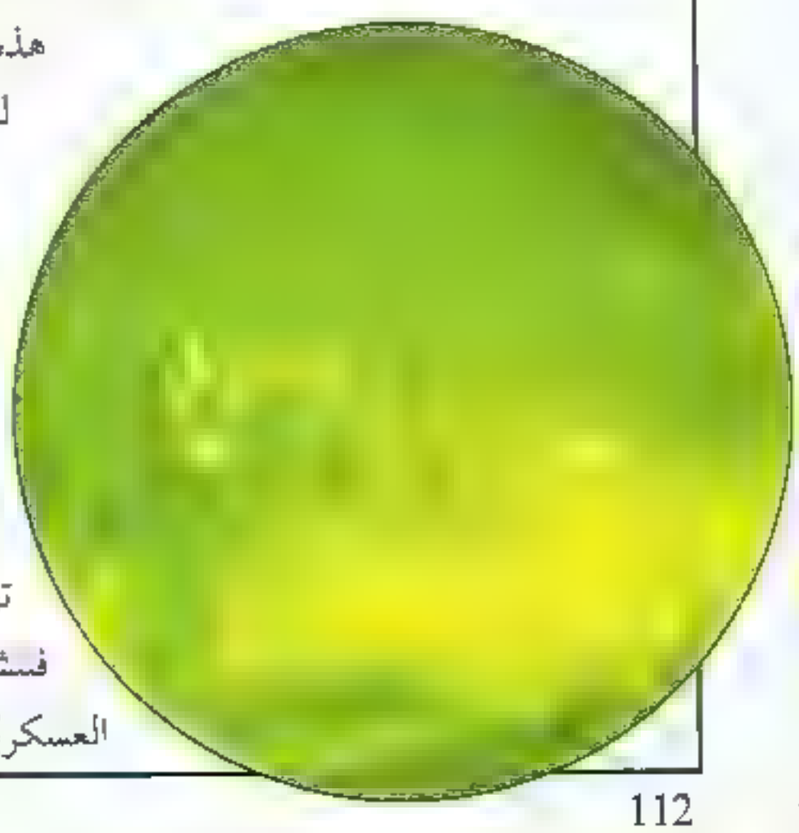


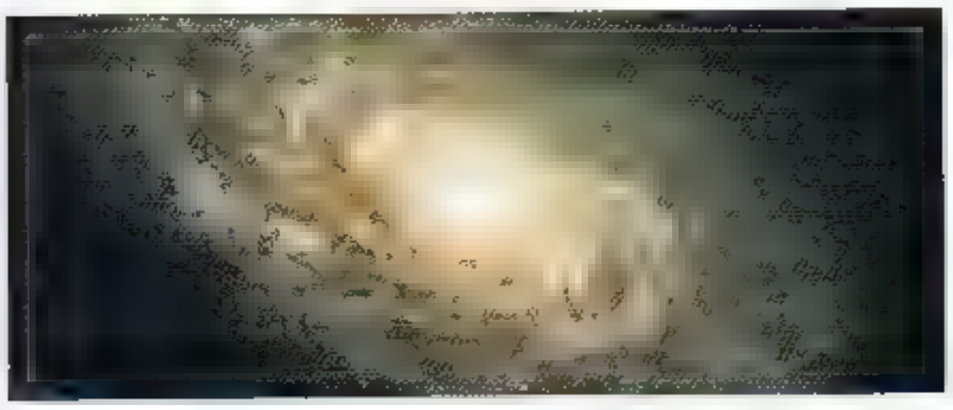
المِنظار ذو العَينيّتَين

عدَسات المِنظار ذي العَينيّتَين هي، كعدَسات التلسكوب، تجمَع الضوء من الأجسام. يمُرُّ الضوء عبر عدَسة الشيئيّة، والتي تولِّد صورة للشيء معكوسة ومقلوبة رأسًا على عَقِب (ص 114-115). داخل المِنظار مَواشير ذات شكل خاصّ تعكِس الضوء من اثنَين من وجهَيها. في كلّ نصف من نصفَي المِنظار مَوشوران. أحد المَوشورَين يُصحِّح وَضع الصورة المقلوب إلى أسفل، والآخر يُصحِّح وَضعها المعكوس الجانبَين. الإنعكاسات الأربعة المُتوالية توفِّر ممرًّا طويلًا للضوء ضِمن فراغ صغير، وهو ما يجعَل المِنظار أقصر من التلسكوب وأسهل على الحَمْل.

الرؤية الليليّة

هذه الصورة لرجال شُرطة يتدرَّبون ليلًا تُري ما يُمكِن للمُشاهِد أن يراه بَسيطة للرؤية الليليّة. أجهِزة الرؤية الليليّة تُضخِّم ضوء القمر وأضواء النُّجوم المُنعكِسة عن الأجسام بحيث تظهَر أوضَح ممّا هي عليه فِعلًا بمرّات عدّة. وهي تقومُ بذلك بتَحويل كلّ فوتون ضوء (ص 102-103) إلى إلكترون (ص 42-43)، ثمّ مُضاعَفة كلّ إلكترون مرّات عدّة. وفي طرف النَّبيطة شاشة تتوهَّج توهُّجًا ساطِعًا كلّما أصابَها أحد تلك الإلكترونات، فتشكِّل صورة مرئيّة. يَستخدِم مثل هذه النبائط العسكريّون ومُراقِبو الطُّيور من المُهتمّين بالضيعة.





تلسكوب هابِل الفضائيّ

يُحرِّف جوّ الأرض الصوَر التي تحصُل عليها التلسكوبات الأرضيّة. أُطلِق تلسكوب هابِل الفضائيّ في العام 1990، ليَدور في مدار حول الأرض. ولمّا كان في مَوقِعه يَرتفِع فوق جوّ الأرض فإنّه قادِر على أن يلتقط صوَرًا للنُّجوم شديدة الوضوح هذه الصورة التي التقَطَها تلسكوب هابِل تُري مجرّة حلَزونيّة تَبعُد عنّا نحو 60 مليون سنة ضوئيّة. النُّجوم الخارجيّة أحدثُ من النُّجوم في مركز المجرّة.

تَعال نُجرِّب

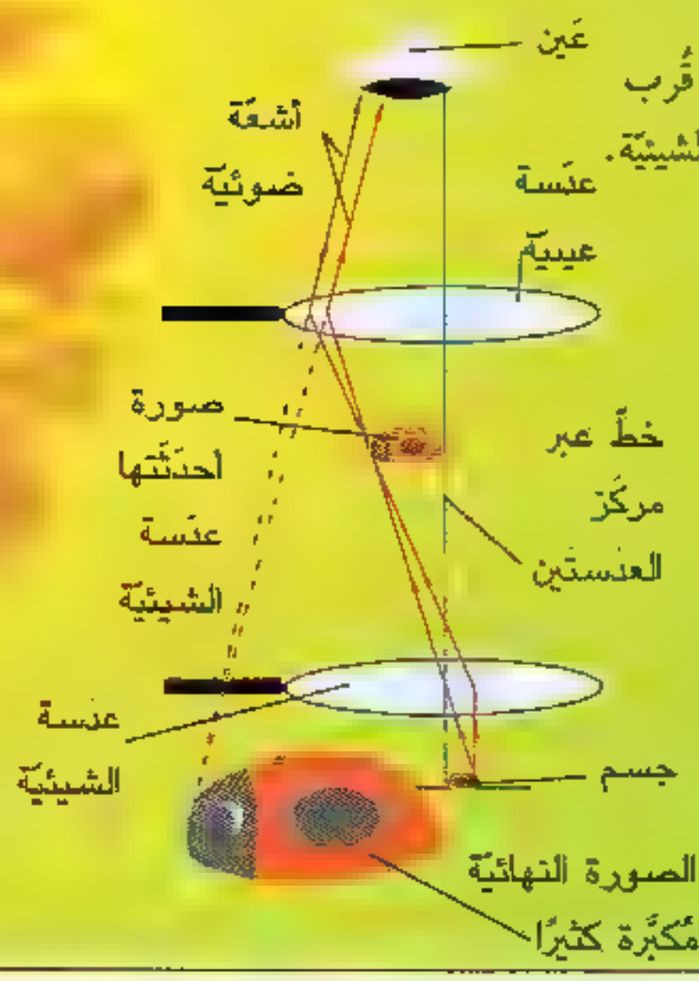
صُنْع ميكروسكوب

بإمكانك أن تصنَع ميكروسكوبًا باستعمال عدَسة مُكبِّرة. (العدسة المُحدَّبة لعدَسة مُكبِّرة هي في الحقيقة شكل بسيط من أشكال الميكروسكوب.) **اللوازم:** عدَستان مُكبِّرتان. تذكَّرْ ألّا تستعمل عدَسات مُكبِّرة في ضوء الشمس المباشَر.

1 إمسِكْ عدَسة مكبِّرة قُرب جسم لتكون عدَسة الشيئيّة.

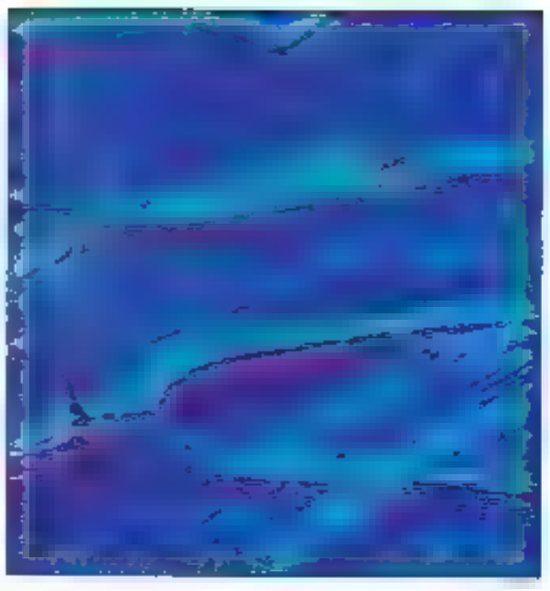
2 إمسِكِ العدَسة المُكبِّرة الثانية قُرب عَينَك لتكون عدَسة العينيّة.

3 حرِّكِ العدستَين المُكبِّرتَين مقرِّبًا بينهما، ثمّ مُبعِدًا بينهما، لتصِل إلى أن تتبأّر الصورة المُكبَّرة.



ميكروسكوب بصريّ

معظم المِيكروسكوبات البصريّة هي ميكروسكوبات مُركَّبة تحتوي عدَستَين على الأقلّ. العدَستان مُحدَّبتان، أي مُنحنيان إلى الخارج. عدَسة الشيئيّة (أو أكثر من عدَسة) قريبة من العيّنة وهي تجمّع الضوء المُنعكِس عنها مُشكِّلةً صورة مُكبّرة. عدَسة العينيّة (أو أكثر من عدَسة) هي التي ينظُر فيها الدارِس وهي تزيدُ أيضًا في تكبير الصورة. يُمكِن الوصول إلى تكبير الصورة 1000 مرّة. الصورة إلى اليسار تُري خلايا بَصَلة كُبِّرت 330 مرّة بواسطة ميكروسكوب بصريّ.



الميكروسكوبات الأولى

الفيزيائيّ الإنجليزيّ روبرْت هوك (1635-1703) قامَ بتجارب على ميكروسكوبات مُركَّبة كهذا التلسكوب (أدناه) المُطابِق للتلسكوب الذي قامَ بتَصميمه. وقد نَشَرَ في العام 1665 كتابًا يَشتمِل على رُسوم ما رآه عبر ميكروسكوبه، بما في ذلك هذا الرسم لأشواك لامِعة على ورقة قُرّاص. وفي نحو هذا الوقت، صَنَعَ ميكروسكوبيّ آخر هو الهولنديّ أنطون فان لوڤنهوك (1632-1723) المئات من الميكروسكوبات البسيطة واستخدَمَها في اكتشاف العديد من الأشياء الجديدة، بما فيها البكتيريا.

ميكروسكوب إلكترونيّ

لتكبير الصورة مئات ألوف المرّات، يلزَما ميكروسكوبات إلكترونيّة تُسخِّر حُزَمَ إلكترونات بدلًا من الضوء. الأشياء الدقيقة للغاية لا يُمكِن رؤيتها بالميكروسكوبات البصريّة. فالضوء لا ينعكِس عن العيّنة لأنّ طول مَوجات الضوء أكبر بكثير من الشيء. على أنّ الأشياء الدقيقة للغاية يمكن أن تتأثّر (يؤثّر بعضها ببعض) مع حُزَم الإلكترونات لتشكيل صور كهذه الصورة التي تراها لرأس نملة.

آلات تصوير

بإمكانِنا أن نلتقِطَ الصوَر

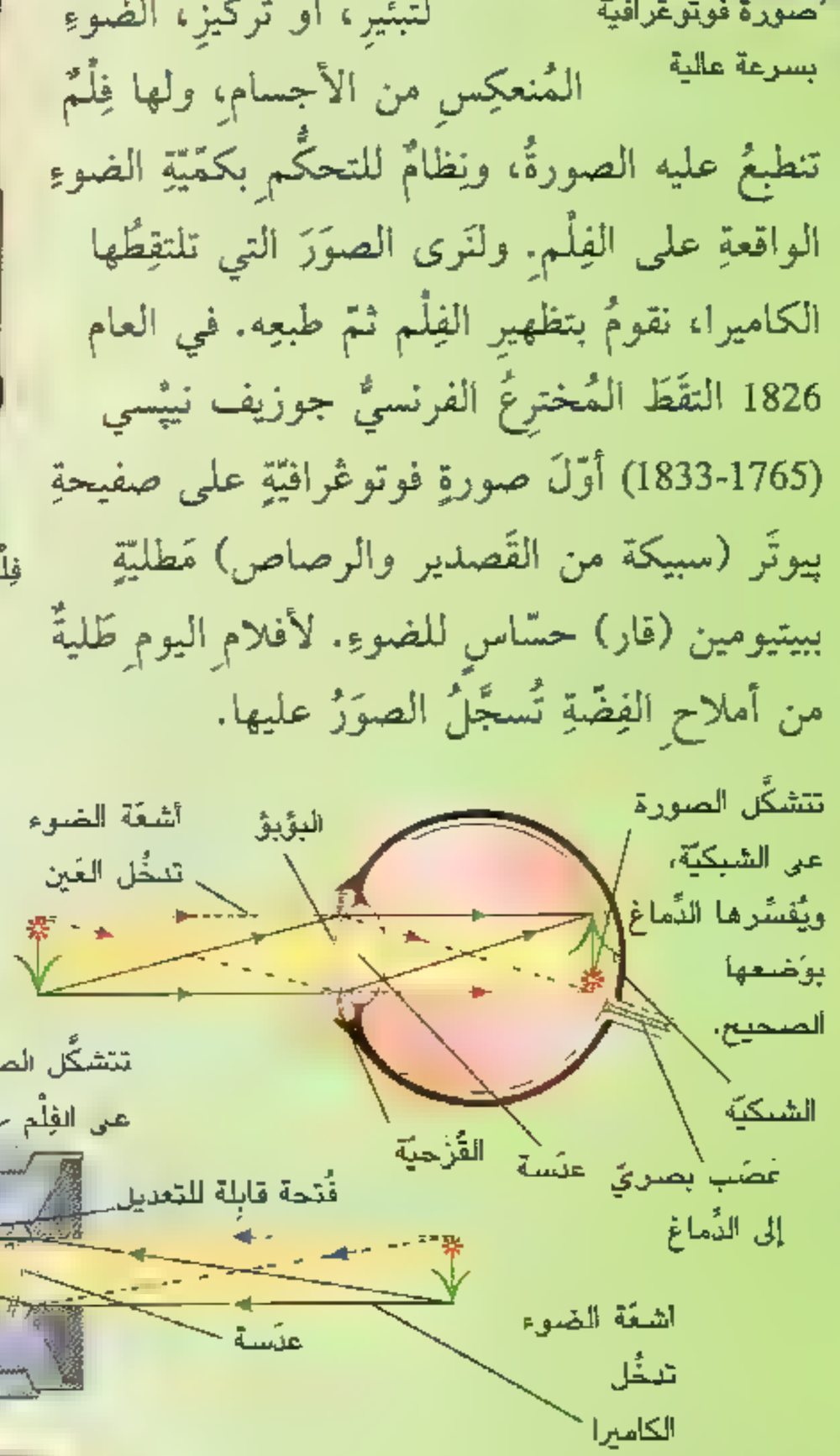
مُستخدِمينَ الكاميراتِ. تعمَلُ الكاميراتُ بالطريقةِ نفسِها التي تعمَلُ بها عُيونُنا. لكلِّ الكاميراتِ عدَساتٌ لتبئيرِ، أو تركيزِ، الضوءِ المُنعكِسِ من الأجسامِ، ولها فِلْمٌ تنطبِعُ عليه الصورةُ، ونِظامٌ للتحكُّمِ بكمّيّةِ الضوءِ الواقعةِ على الفِلْمِ. ولنَرى الصوَرَ التي تلتقِطُها الكاميرا، نقومُ بتظهيرِ الفِلْمِ ثمّ طبعِه. في العام 1826 التقَطَ المُخترِعُ الفرنسيُّ جوزيف نيپْسي (1765-1833) أوّلَ صورةٍ فوتوغرافيّةٍ على صفيحةِ پيوتَر (سبيكة من القَصدير والرصاص) مَطليّةٍ بِبيتيومين (قار) حسّاسٍ للضوءِ. لأفلامِ اليومِ طَليةٌ من أملاحِ الفِضّةِ تُسجِّلُ الصوَرُ عليها.

صورة فوتوغرافيّة بسرعة عالية

كاميرات

للكاميرات كلّها أجزاء أساسيّة واحدة، لكنّ لها تصاميم مختلفة. الصورة التي تولِّدها العدَسة تعكِسها مرايا صغيرة ومَوشور على المُصوَّبة وتكونُ هي نفسها الصورة التي ستُسجَّل. عندما نضغَط زِرّ مُعتِق الغَلَق، تَزيح المرآة من طريق الضوء الآتي من العدَسة ويفتح الغَلَق أمام الفِلْم. يسقُط الضوء الآن على الفِلْمَ في مؤخَّرة الكاميرا، وتنطبع عليه الصورة. في بعض أنواع الكاميرات، لا تكون الصورة التي تولِّدها العدَسة وتنطبع على الفِلْم مُشابهة تمامًا للصورة الظاهرة في المُصوَّبه.

تتشكّل الصورة على الشبكيّة، ويُفسِّرها الدِّماغ بوَضعها الصحيح.



العَين والكاميرا

للكاميرا والعَين البشريّة وجوه شبه عديدة. في العَين البشريّة، تقومُ عضلات قُزحيّة العَين بتَضييق البؤبؤ في الضوء الساطِع وتَوسيعه في الضوء الخافِت. للكاميرا فُتحة يُمكِن تَوسيعها أو تَضييقها لضبْط كمّيّة الضوء الداخِلة عبر العدَسة. عدَسة العَين تُبئِّر، أو تركِّز، أشعّة الضوء على طبقة حسّاسة للضوء في مؤخَّرة العَين تُسمّيها الشبكيّة. خلايا الشبكيّة تُرسِل إشارات عبر العَصَب البصريّ إلى الدِّماغ، الذي يُفسِّر تلك الإشارات على شكل صوَر. في الكاميرا، تُبئِّر العدَسة الضوء على الفِلْم، وتنكشِف الصورة عند طبْع الفِلْم.

تصوير فوتوغرافيّ رقْميّ

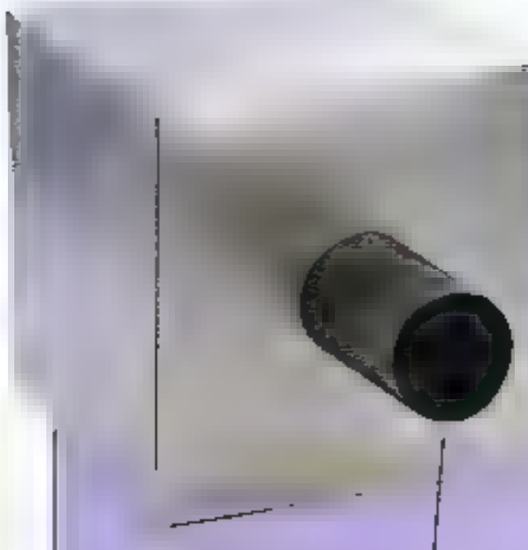
يتركَّز الضوء الداخل إلى الكاميرا الرقميّة على صُفوف من النبائط الإلكترونيّة الصغيرة في مؤخَّرة الكاميرا. هذه النبائط تُحوِّل الضوء إلى إشارات إلكترونيّة تُحفَظ على بطاقة ذاكِرة في الكاميرا. وتعمل شاشة صغيرة من البلّور السائل عمَل مُصوَّبة، تُمكِّن من رؤية الصورة المحفوظة في بطاقة الذاكِرة. الصوَر التي تلتقِطها الكاميرا الرقميّة يُمكِن خزْنها على أقراص مُدمَّجة ومُشاهَدتها على شاشة كومبيوتَر وطبْعها على ورق.

تَعال نُـجرِّب

اِصنَعْ كاميرا

اِصنَعْ كاميرا بسيطة لتُري كيف تعمَل كاميرا حقيقيّة. كاميرتك ستُشكِّل صورة بطريقة مُماثِلة للطريقة التي تُشكِّل بها كاميرا فِعليّة صورة، لكن لن تستطيع أن تطبَع من كاميرتك صورة فوتوغرافيّة.

اللوازم: عُلبة كَرتون (مثل عُلبة مناديل ورقيّة)؛ أُنبوب كَرتونيّ (من لفّة ورق مطبَخ)؛ قلم؛ شريط لاصق؛ ورق استنساخ؛ عدَسة مُكبِّرة.



أُنبوب كرتون يدخُل في فُتحة العُلبة

1 قُصَّ بأناة قاع عُلبة الكَرتون. ضعْ فُتحة أُنبوب الكَرتون على الجانب الآخر من العُلبة وارسُمْ حولها دائرة.

2 قُصَّ الدائرة بأناة. أدخِلِ الأُنبوب في فُتحة الدائرة بحيث يظَلّ منه نحو 5 سم خارج العُلبة. ألصِقِ الأُنبوب في موضعه.

3 ألصِقْ ورق استنساخ فوق الفُتحة الكبيرة في قاع العُلبة. هنا سترى الصورة.

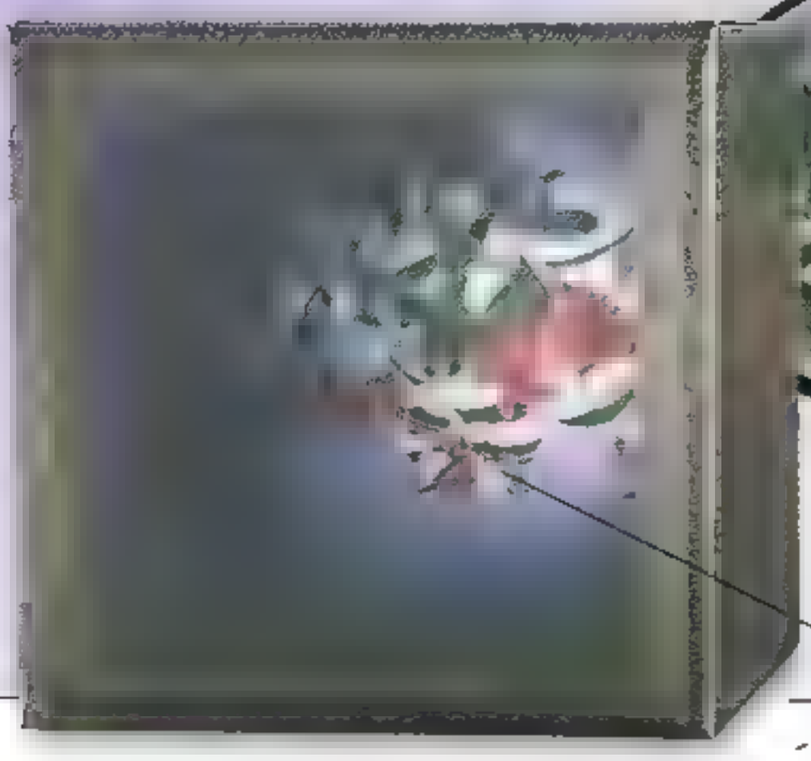
4 العدَسة المُكبِّرة هي عدَسة الكاميرا. امسِكْها قُرب طرف الأُنبوب.

العدَسة المُكبِّرة تعمَل عمَل عدَسة.

5 وَجِّه كاميرتك من جهة العدَسة إلى جسم حَسَن الإضاءة. وانظُرْ إلى جانب ورق الإستنساخ.

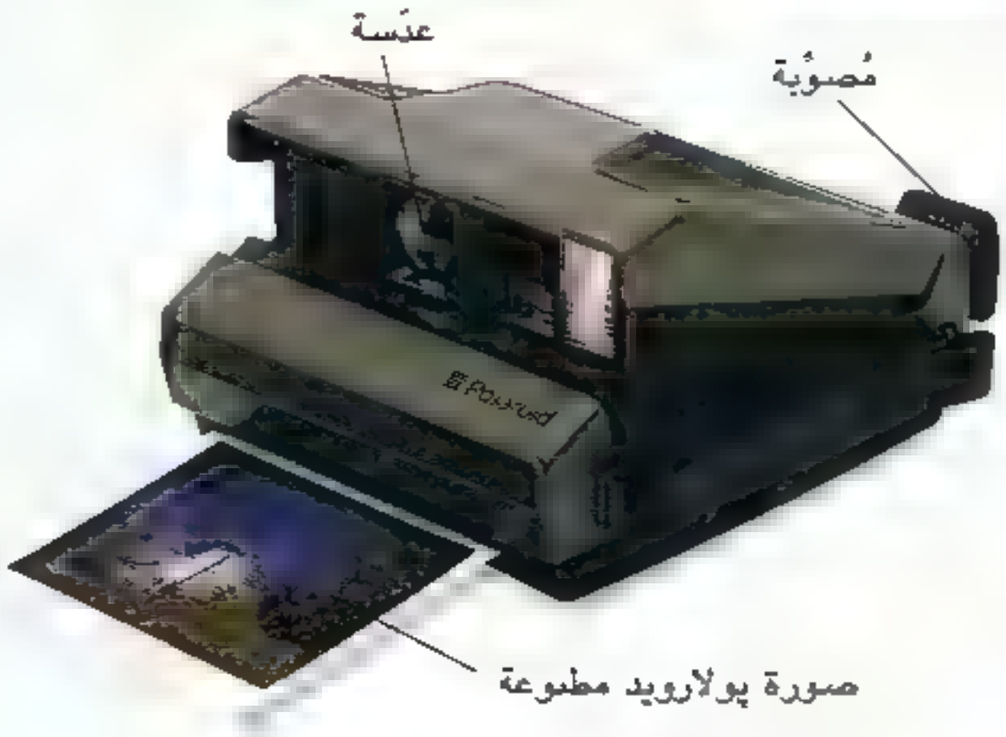
6 ستظهَر على الشاشة، أي ورق الإستنساخ، صورة الجسم مقلوبة رأسًا على عَقِب ومعكوسة. إذا لَم تكنِ الصورة مُبأَرةً حرِّكِ العدَسة المُكبِّرة إلى أن تحصُل على صورة واضحة. في الكاميرا الفِعليّة، تتشكَّل هذه الصورة على الفِلْم الفوتوغرافيّ.

تتشكَّل على ورق الإستنساخ صورة مقلوبة رأسًا على عَقِب



تظهير الصوَر

الفِلْم مطليّ بطبقة حسّاسة للضوء تحتوي على أملاح الفِضّة. يسقُط الضوء على هذه الطبقة مُتسبِّبًا تغيُّرًا كيماويًا في الأملاح. يُنقَع الفِلْم في محلول كيماويّ يُحوِّل أملاح الفِضّة التي تَعرَّضَت للضوء إلى فِضّة معدنيّة. ثمّ يُزيل مَحلولٌ تثبيتٍ أملاحَ الفِضّة التي لم تتعرَّض للضوء، مُخلِّفًا صورة سلبيّة تكون أشدّ قَتامة كلّما كان الضوء الساقِط أشدّ سُطوعًا. ثمّ يُوجَّه ضوء عبر الصورة السلبيّة وعبره على ورق فوتوغرافيّ حيث تَطبع الصورة الفوتوغرافيّة المطبوعة تكون أسطَع حيث تكونُ لصورة السلبيّة أشدّ قَتامة.

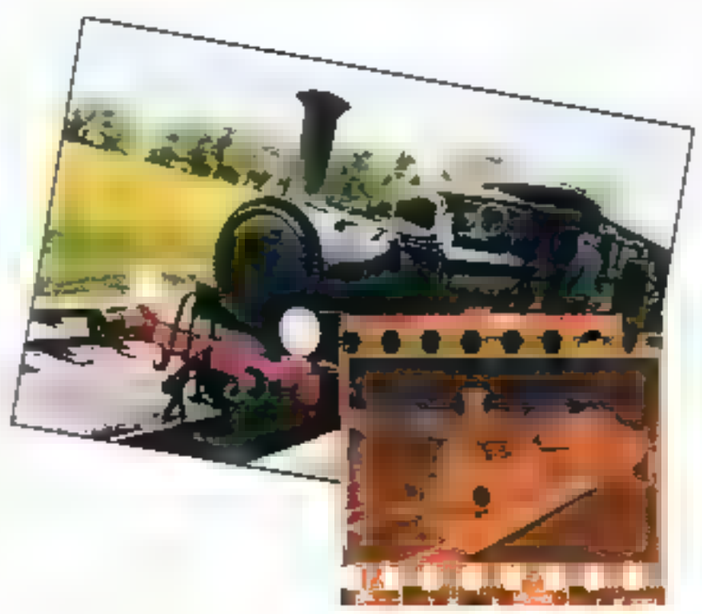


صور بولارويد

التصوير الفوتوغرافيّ الفَوريّ مُمكِن باستخدام كاميرا بولارويد. في لعام 1947 ظَهَرَت أوّل كاميرا بولارويد لمُخترِعها الأميركيّ إدْوِن لانْد (1909-1991). يُستخدَم في هذا النوع من الكاميرات فِلْم خاصّ يُشكِّل ورق الطبْع جُزءًا منه. تُخزَن موادّ التظهير الكيماويّة في رِزَم بين الصورة السلبيّة وطبقة الطبْع. عند تعريض الفِلْم للضوء، يُمرَّر عبر دحاريج تمرِر الرِّزم وتعتق الموادّ الكيماويّة المُحتزَنة. كاميرات بولارويد الحديثة تُنتِج صوَرها في أقلّ من دقيقة.

صوَر سَلْبيّة ملوَّنة

الفِلْم المُلوَّن ثلاث طبقات حسّاسة، واحدة لكلّ لون أساسيّ – الأزرق والأخضر والأحمر. خلال التظهير، تولِّد كلّ طبقة صِبغًا مكمِّلًا للّون الذي يسقُط على الفِلْم – صِبْغ أصفر للطبقة الزرقاء، ماجِنتا (أرجوانيّ مُزرَق) للطبقة لخضراء، والسايان (أزرق مُخضرّ) للطبقة الحمراء. كلّ صِبْغ في الصورة السلبيّة يتشرَّب ضوء لونه المُكمِّل. بعد لطبْع، الألوان المُكمِّلة التي شكَّلَتها الأصباغ في الورق تمتصّ الألوان وتعكِسها مُختلِطةً في ضوء أبيض. وهذا يَنتِج عنه الألوان الأصليّة للجسم المُصوَّر.

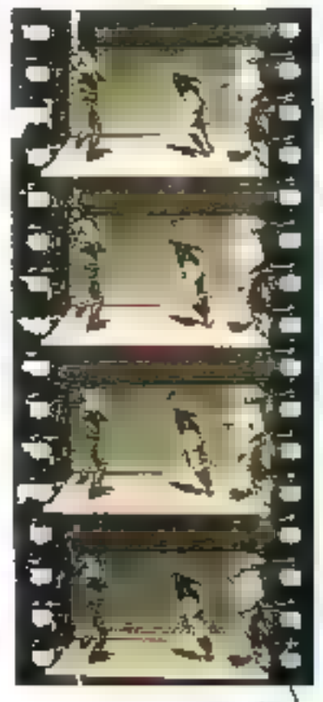


أفلام سينمائيّة

يتشكَّلُ الفِلْمُ السينمائيُّ من تتابُعِ صوَرٍ ساكنةٍ. الحركةُ المُتواصِلةُ التي تَراها على الشاشةِ هي خِداعٌ بصريٌّ. يتذكّرُ الدِّماغُ الصورةَ لبضعِ مُدّةِ عشْرِ الثانيةِ بعد زَوالِها. نُسمّي هذه الظاهرةَ استمرارَ الرؤيةِ، أو دَوامَ الأثرِ. فإذا تَوالَت صورتانِ في تَتابُعٍ سريعٍ، يتسبَّبُ استمرارُ الرؤيةِ في دَمْجِ الصورةِ الأولى مع الثانيةِ، مُظهِرًا إيّاهما صورةً واحدةً مُتحرّكةً. نُسمّي الصوَرَ الساكِنةَ التي يَتشكّلُ منها فِلْمٌ سينمائيّ أُطُرًا. في السينما، تَندمِجُ الأُطُرُ معًا بسرعة 24 إطارًا في الثانيةِ الواحدةِ مُوهِمةً إيّانا بأنّها صوَرٌ تَتتابَعُ فِلْمًا سينمائيًّا.

بدايات عصْر السينما

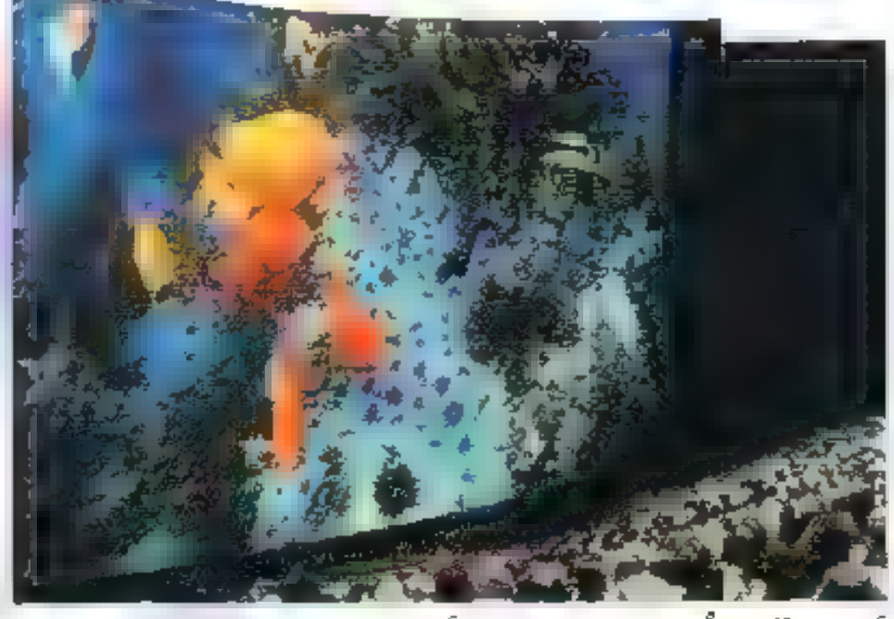
في عام 1889، أبرز المُخترِعُ الأمريكيّ جورج إيستمان (1854-1932) إلى الأسواقِ فِيلْمًا مَرِنًا بعد ذلك بسنة. صوّر وِلْيم دِكْسُن (1860-1935)، وكان مُساعدًا للمُخترِعِ توماس إديسُن، طريقةً لتحريك هذا الفِلْم عبر كاميرات وأجهزة تسليط ضوء. وقد ثَقَبَ ثُقوبًا دقيقةً في حافتي الفِلْم، بحيث تعلقُ المِعدِنُ بالفِلْم ويسحبه معه. وفي العام 1895، عُرِضَ في باريس أوّلُ فِلْم سينمائيّ يراه الجُمهور. كان فِلْمًا صامتًا أنتجه الأخوان الفرنسيّان أوغست لوميير (1862-1954) ولويس لوميير (1864-1948). كانت سرعة الأفلام الأولى 16 إطارًا في الثانية فقط. هذا يعني أنّ الصوَرَ كانت ترتعشُ على الشاشة بدل أن تندمِجَ معًا في صوَرٍ مُتواصِلةِ الحركة. في العام 1927، عُرِضَ فِلْم "مُغنّي الجاز"، بطولة آل جولْسُن، وكان أوّلَ فِلْم ناطق، إذ أُضيفَت أصواتٌ إلى الصوَرِ المُتحرّكة.



فِلْم قديم سُخِّن على فِلْم إيستمان.

مؤثِّرات الشاشة الزرقاء

يُمكن توليد مؤثِّرات خاصّة مُدهشة باستعمالِ شاشة زرقاء صمّمَت أوّلًا، يُصوَّرُ الفِلْم أمام الشاشة الزرقاء. ثمّ يُستخدَمُ كومبيوتر لإزالةِ الشاشة الزرقاء والاستعاضةِ عنها بخلفيّة. عبرها تكون قد صوّرتَ مُمثِّلةً. هذه الصور تُري مشاهد من فِلْم «العاصفة الكبرى» (2000). صوّرَ المُمثِّلون أمام شاشة زرقاء ضخمة، ثمّ استُبدِلَت الشاشة الزرقاء عاصفة هوجاء تهبُّ في الخلفيّة لتُشكّل مشهد النهائيّ (الصورة اليسرى).



أفلام آيماكْس الثلاثيّة الأبعاد

تُصوَّرُ معظم الأفلام السينمائيّة على إطارات قياس 35 مم. لكنّ أفلام آيماكْس تُصوَّرُ على إطارات أكبر بعشر مرّات من المُعتاد. شاشات آيماكْس مختلفة أيضًا. فهي مُقعّرة بحيث تملأ حقل الرؤية كلّه عند المُشاهد. بعض أفلام آيماكْس ثُلاثيّة الأبعاد. يدمُجُ الدِّماغُ الصورتين المُنفصلتين اللتين يتلقّاهما من العينين في صورة مُفردة لها عُمق وشكل. كاميرا الأبعاد الثلاثة تُحاكي ما يفعله الدِّماغ بتسجيل الصور بعدستين مُنفصلتين. ويُعرَضُ الفِلْم باستخدام نظّارات بين "العين اليُسرى" و"العين اليُمنى" بسرعة 96 مرّة في الثانية. تمنعُ النظّارات كلّ عين من رؤية صورة الأخرى. تُحوّل الصور إلى العين اليُمنى في الوقت الذي تكون فيه صورة العين اليُسرى على الشاشة والعكس بالعكس. وتكون النتيجة مَشاهِد تُشبه الحياة الفِعليّة، مَشاهِد بأبعاد ثلاثة.

تَعال نُجرِّب

صنْع فِلْم تتابُع

اصنع فِلْمك السينمائي الخاص. اللوازم: دفتر صغير، قلم.

1. ارسم صورة شخص في أعلى الصفحة. في الصفحة التالية، ارسم الصورة نفسها مغيرًا فيها تغييرًا بسيطًا لتظهر الشخص وكأنه يتحرك على سبيل المثال، لتجعل هذا الشخص يلوح بذراعه، انسخ صورتك الأصلية مرّات عدة، محرّكًا الذراع في كل مرة إلى أعلى قليلًا.
2. قلّب صفحات الدفتر بسرعة فيظهر لك الشخص الذي رسمته وكأنه يلوح بذراعه. ذلك أنّ دماغك يدمج الصور معًا.

ارسُم على صفحات الجانب الأيسر فقط من الدفتر.

الصور المُتحرِّكة

تحتاجُ إلى رسْم آلوف الصور لبدْث الحركة في شخصيّات الصور المُتحرِّكة المحوسبة. يحتوي فِلْم الصور المتحرِّكة على نحو 65 000 رسْم. يرسُم الرسّامون الشخصيّات في مُختلف أوضاع الحركة على أفلام شفّافة من السّليولويد ثمّ توضع لرُسوم مُتتابعة على خلفيّة تبقى هي نفسها لكلّ مشهد مُتتابع. يرسُم الرسّامون الخطوتين المُتطرّفتين أوّلًا مثل خُطوة الانطلاق وخُطوة الهُبوط لهذا المَشْهد، قبل أن يُكمِلوا الخُطوات التي تكون في ما بينهما. تُرسَم خُطوط الهيكل العامّ للشخصيّة على وجه فِلْم الشفّاف ثمّ تُضاف الألوان على الجانب الخلفي منه.

تُري خُطوط الهيكل معالِمه الأساسيّة

الخُطوتان المُتطرّفتان تُرسمان أوّلًا

ينبغي المُحافظة على الألوان في المشهد المُتتابع كلّه

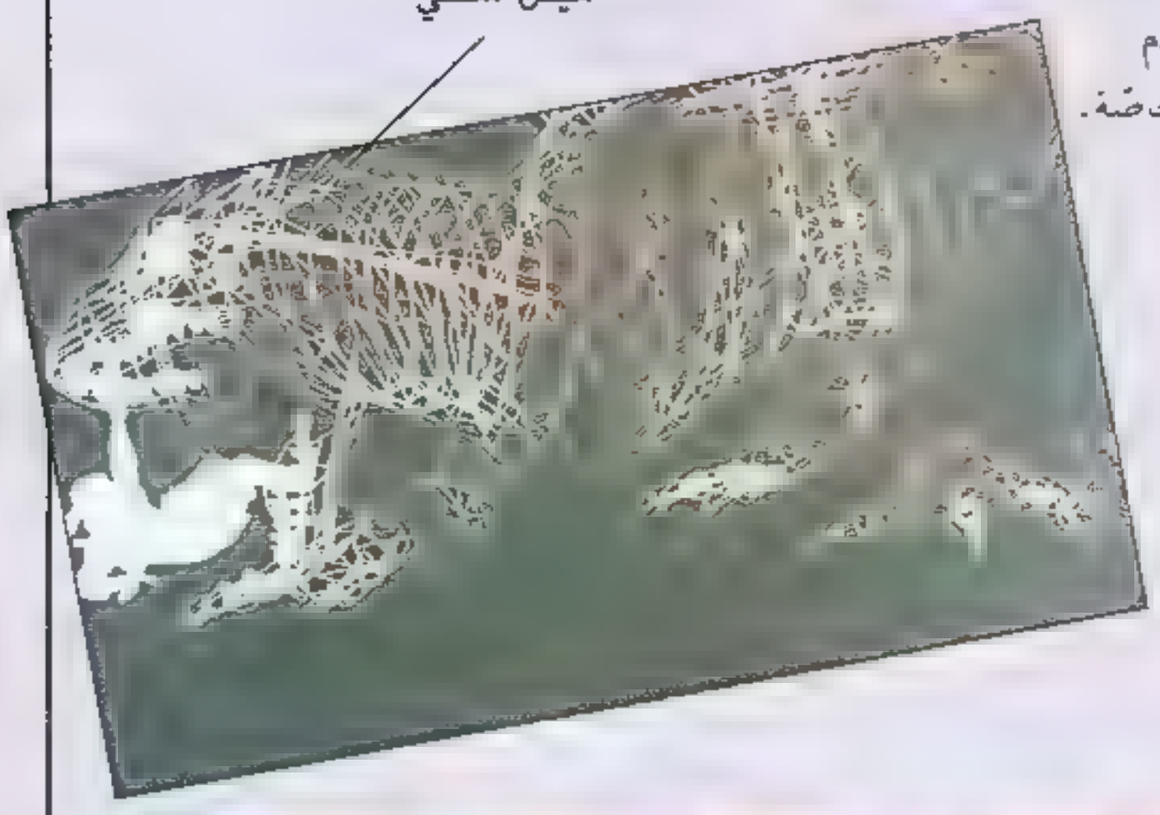
في تحريك الجلفيّة طريقة أخرى لإعطاء انطِباع بأنّ الشخصيّة تتحرّك

فِلْم السليولويد الأخير

صوَر مُتحرِّكة ثُلاثيّة الأبعاد

تُعطي أفلام الصور المُتحرِّكة ثُلاثيّة الأبعاد عُمقًا، مثلما في أفلام الشخصيّات الحقيقيّة. يُستخدم معجون التشكيل لعمل مُجسّمات للشخصيّات كمثل الظاهرة إلى اليمين. يُصوَّر كلّ إطار تصويرًا مُستقلًّا بحيث يتغيّر وضع الأطراف وتتغيّر تعابير الوجه تغيُّرًا صغيرًا بين كلّ إطار وآخر، وهو ما يُعطي الانطِباع بحركة مُتواصِلة في الفِلْم. لبعض المُجسّمات تِطاقٌ من مُحرِّكات يُمكِن التحكُّم بها بواسطة كَبلات أو بواسطة الراديو، وهو ما يُمكِّن من تحريكها عن بُعد خلال عمليّة التصوير. تُستخدَم المُجسّمات أيضًا في الأفلام العاديّة عند الحاجة لتوليد مؤثِّرات خاصّة.

هيكل سلكيّ



صوَر مُتحرِّكة على الكومبيوتَر

يُستعانُ اليوم بالكومبيوتَر لإنتاج صوَر تُعطي مؤثِّرات مختلفة. للحُصول على شخصيّة تتّبِع كهذه التي ظهرَت في فِلْم «قلْب التّين» (1997)، يُرسَم بواسطة الكومبيوتَر هيكل تُسمّيه سِلكيًّا ذو أبعاد ثلاثة (إلى اليسار). يكون هذا الهيكل الذي تُبنى عليه الشخصيّة، فتُضاف إليه الألوان والتفاصيل الدقيقة. تُستخدَم برامج كومبيوتَر خاصّة لجعْل هذه الشخصيّة تتحرّك وتتنقّل على نحو صحيح. ويُمكِن تركيب هذه الصور على خلفيّة صُوَر مُستقِلّة (نظرْ أدناه) للوصول إلى المشهد النهائيّ

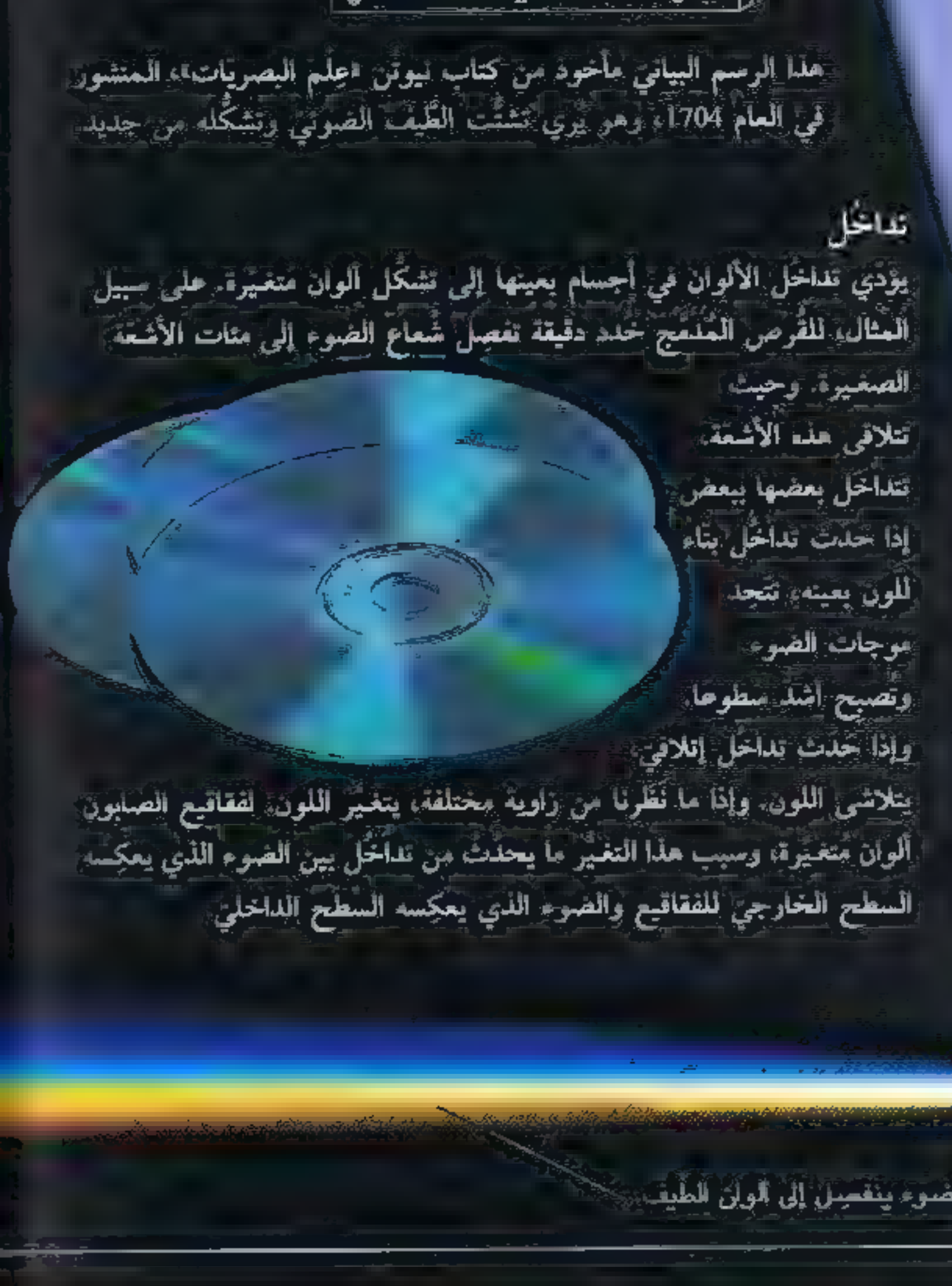
مَوجات وألوان

ينتقِل الضوءُ على شكلِ موجاتٍ دقيقة. لهذه الموجات، مثلُها مثلُ أمواج البحر، ذرًى وقرارات. المسافة بين ذروتين هي التي نسميها طولَ الموجة. للألوانِ المختلفة في الأضواءِ المرئيّة موجاتٌ مختلفة الطول. على أنّ الضوء الأبيض، كضوءِ الشمس، لا يتشكّل من طولِ موجةٍ واحد. فقد اكتشف العالِمُ الإنجليزيّ الشهير إسحق نيوتن (1642-1727) أنّ ضوءَ الشمس يتشكّل من طَيفِ الألوانِ التي نراها في قوسِ قزح: الأحمر، البرتقاليّ، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيليّ، البنفسجيّ. للّونِ الأحمر أطولُ موجةٍ، بينما للبنفسجيّ أقصرُ موجة.

مقارنة بين طول موجة كلٍّ من اللونين الأحمر والبنفسجي

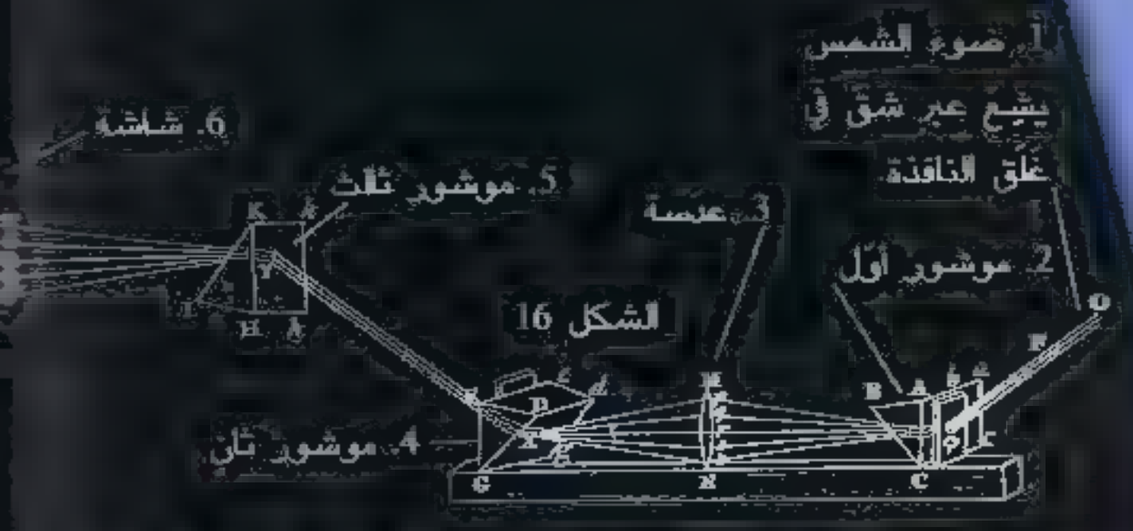
فصل ضوء الشمس

عندما يشِعّ ضوء الشمس على جسمٍ مثلثيّ من الزجاج يسمّى موشورًا، نرى أنّ هذا الضوء يتشكّل من ألوانٍ موجاتٍ ضوئيّة مختلفة الألوان. الموشور يكسر شعاع ضوء الشمس. يكسر كلّ ضوءٍ بقدرٍ مختلفٍ قليلًا عن غيره، وهذا يؤدّي إلى فصل ضوء الشمس إلى ألوانِ الطَّيف المألوفة: الأحمر، البرتقاليّ، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيليّ، البنفسجيّ.



مواشير نيوتن

في العام 1665، اكتشف إسحق نيوتن طيف الضوء بأن قام بتجربة شبيهة لهذه التي نراها أدناه. (اقرأ الرسم البياني من اليمين إلى اليسار). يشِعّ الضوء عبر شقّ في غَلَق النافذة ومنه إلى موشور. الموشور يفصل ضوء الشمس إلى ألوان الطَّيف السبعة. ثمّ موجات الضوء المنفصلة عندئذٍ عبر عدسة تبئّرها في موشور مقلوب رأسًا على عقب. هناك، تعود الألوان فتتّحد منتجةً ضوءًا أبيض آخر. إذ يمرّ شعاع الضوء عبر موشور ثالث، بالوضع الصحيح، يتشتّت الضوء ثانية. فتظهر ألوان الطَّيف على الشاشة، عندما حجب نيوتن ألوانًا بعينها قبل الوصول إلى العدسة، لاحظ أنّ هذه الألوان لم تظهر في الطَّيف النهائيّ على الشاشة.



الشكل 16

هذا الرسم البياني مأخوذ من كتاب نيوتن «علم البصريات»، المنشور في العام 1704، وهو يري تشتّت الطَّيف الضوئيّ وتشكّله من جديد.

تداخُل

يؤدّي تداخل الألوان في أجسامٍ بعينها إلى تشكّل ألوانٍ متغيّرة. على سبيل المثال، للقُرص المُدمَج خدد دقيقة تفصل شعاع الضوء إلى مئات الأشعّة الصغيرة. وحيث تتلاقى هذه الأشعّة، تتداخل بعضها ببعض. إذا حدث تداخُل بناء، للّون بعينه، تتّحد موجات الضوء وتصبح أشدّ سطوعًا. وإذا حدث تداخل إتلافيّ، يتلاشى اللون. وإذا ما نظرنا من زاوية مختلفة، يتغيّر اللون. لفقاقيع الصابون ألوانٌ متغيّرة. وسبب هذا التغيّر ما يحدث من تداخُل بين الضوء الذي يعكسه السطح الخارجيّ للفقاقيع والضوء الذي يعكسه السطح الداخليّ.

تَعال نُجرِّب

تَوليد طَيف

بإمكانك أن تقوم بهذه الصيغة من تجربة بيوتُن على الطَّيف أمام نافذة منزلك.

اللوازم: قِطعة من الورق المُقوّى؛ مِقصّ؛ كوب زُجاجيّ مُستقيم الجوانب مملوء بالماء؛ شريط لاصِق؛ ورق أبيض. للحُصول على أفضل النتائج، قُمْ بالتجربة في يوم مُشمِس. بإمكانك أن تستخدِم أيضًا شُعاع مِصباح يدَويّ بدل ضوء الشمس، مع أنّ الطَّيف الذي يتشكّل لن يكون شديد الوضوح.

1 اِعمَلْ شَقًّا رأسيًّا طويلًا في قِطعة الورق المُقوّى. ألصِق القِطعة بكوب الماء الزُّجاجيّ. (يكون لكوب الزُّجاج الأثر نفسه الذي يولّده مَوشور.) أوقِف الكوب على رُقعة بيضاء موضوعة أمام النافذة، بحيث يشِعّ ضوء الشمس عبر شَقّ قِطعة الورق المُقوّى ومنه على الكوب الزُّجاجيّ.

2 كوب الماء الزُّجاجيّ يكسِر ضوء الشمس الوارد عبر الشَّقّ. كلّ لون في شُعاع ضوء الشمس يكسِر بقدْر مختلف اختلافًا بسيطًا عن الألوان الأخرى، وهو ما يتسبَّب بتشكُّل الطَّيف على الورق.

أقواس قُزَح

عندما يكون في الجو أشعة شمس ومطر في الوقت نفسه، قد يظهر قوس قزح. ينكسِر ضوء الشمس إذ يدخُل قطرة مطر، ثم ينعكِس عندئذٍ عن مؤخرة قطرة المطر قبل أن ينكسِر ثانية إذ يترُك القطرة. كلّ لون في ضوء الشمس الأبيض ينكسِر بقدر مختلف اختلافًا بسيطًا عن الألوان الأخرى إذ يدخل قطرة المطر وإذ يتركُها. وهذا يفصِل ضوء الشمس إلى ألوان الطَّيف المألوفة: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي، البنفسجي. يحدث أحيانًا أن ترى قوس قزح مزدوجًا، ويكون الثاني أضعف من الأوّل ووراءه. يتشكّل قوس قزح الثانوي عندما يدخل ضوء الشمس قاع قطرات المطر بدل أعلاها. ينعكِس ضوء الشمس عندئذٍ مرتين عن السطح الداخلي للقطرة. هذا يعني أنّ ترتيب الألوان في قوس قزح الثانوي يكون معكوسًا.

أطياف نجمية

كثيرًا ما يشير لون الضوء إلى درجة حرارة الجسم. على سبيل المثال، أشد النُّجوم حرارة زرقاء اللون، بينما أقلّها حرارة حمراء اللون. النُّجوم الصفراء، كشمسنا، هي بين بين؛ وبتقدير درجة حرارة سطحها بنحو 5500°س معظم الضوء الذي يطلقه نجم يكون له طول موجة معين، لكن ألوانًا أخرى تظهر في الطَّيف. بإمكان الفلكيّين أن يحللوا الطَّيف فيعرفوا العناصر الكيماوية الموجودة (أدناه).

دراسة الطَّيفيّة

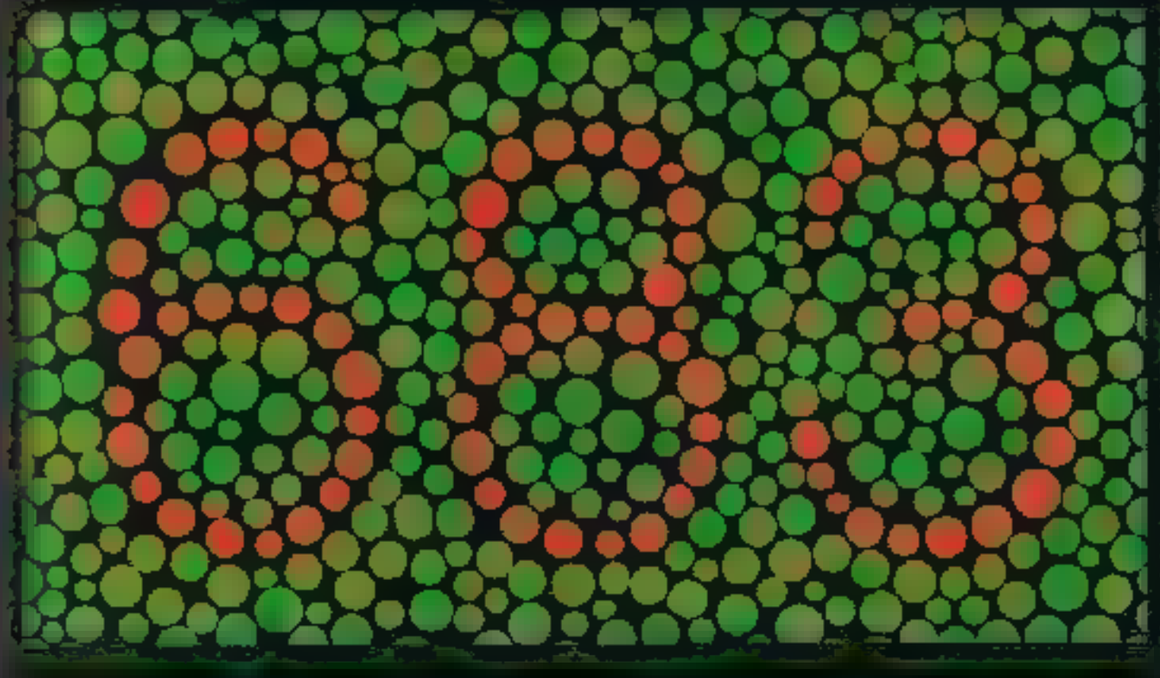
تمتص أنواع مختلفة من الذرّات وتطلِق ألوان ضوء مختلفة، لذا يمكِن استخدام الطَّيف لتحديد العناصر التي يتشكّل منها مادة من المواد. تحصل على طَيف الامتصاص بتوجيه ضوء أبيض عبر مادة، ثم فصله إلى ألوان الطَّيف. الخطوط القاتمة على الطَّيف تمثّل ذرّات تمتص ذلك اللون بعينه. طَيف الشمس (أعلاه إلى اليمين) يري خطوطًا قاتمة عدة. أحد الخطوط يري امتصاص الصوديوم للون الأصفر في طبقات الشمس الخارجية. ويري طَيف الابتعاث لون الضوء المبتعث من مادة. يصدر لهب الصوديوم ضوءًا أصفر، كما ترى في طَيف الابتعاث (أعلاه إلى اليسار).

مزْج الألوان

يتشكّلُ الضوءُ الأبيضُ من ألوانِ الطَّيفِ مجتمعةً (ص 118-119). ويمكِنُ تشكيلُ اللونِ الأبيضِ بأن نمزجَ ألوانَ الضوءِ الأساسيةَ الثلاثةَ معًا — الأحمرَ والأزرقَ والأخضرَ. ولعلَّ من المُدهِشِ أنّ مزْجَ الألوانِ الأساسيةِ بنِسبٍ مُتفاوتةٍ، يُمكِنُ أن يُشكّلَ أيَّ لونٍ ترغبُ فيه. تُعرَفُ هذه العمليّةُ بجمعِ الألوانِ، وبواسطتِها نحصلُ على نِطاقِ الألوانِ التي نُشاهِدُها على شاشةِ التلفزيونِ. على أنه ما لم يكُنِ الجسمُ مولِّدًا بذاتِه للضوءِ، كأن يكونَ مِصباحًا يدويًّا مثلًا، فإنّه لا يُصدِرُ لونَه الخاصَّ المُميَّزَ. تبدو الأشياءُ من حولِنا مُلوَّنةً لأنّها تعكِسُ إلى عينَينا من اللونِ الأبيضِ الذي يسقُطُ عليها لونًا مُفرَدًا أو خليطًا من ألوانٍ، في حينِ تمتصُّ الألوانَ الأخرى كلَّها. الدِّهاناتُ والأصباغُ تعمَلُ بالطريقةِ عينِها. تشكيلُ الألوانِ على هذا النحوِ يُعرَفُ بعمليّةِ طرحِ الألوانِ، ذلك أنّ الألوانَ تُؤخَذُ من الضوءِ الأبيضِ لتشكيلِ اللونِ الذي نراه.

ألوان الضوء الأساسية

الأحمرُ والأزرقُ والأخضرُ هي ألوانُ الضوءِ الأساسيةُ. مركّباتُ النِّسبِ المختلفةِ من هذه الألوانِ يُمكِنُ أن يتشكّلَ منها أيُّ لونٍ ترغبُ فيه (انظرْ أعلاه). خليطُ الضوءِ الأحمرِ والضوءِ الأخضرِ يُعطينا لونًا أصفرَ، في حينِ أنّ خليطَ الضوءِ الأزرقِ والضوءِ الأحمرِ يُعطينا لونَ ماجنتا. خليطُ الضوءِ الأزرقِ والضوءِ الأخضرِ يُعطينا لونًا أزرقَ مخضرًّا نُسمّيه سيانًا. تعديلُ كمّياتِ كلِّ ضوءٍ في أيِّ خليطٍ يُمكِّنُ من إصدارِ ألوانٍ عديدةٍ أخرى. ويؤدّي خلطُ الأضواءِ الرئيسيةِ الثلاثةِ معًا بمقاديرَ متساويةٍ إلى تشكّلِ لونٍ أبيضَ. يستخدمُ جمعُ الألوانِ على هذا النحوِ لتشكيلِ الألوانِ المختلفةِ التي نراها على شاشاتِ التلفزيونِ.

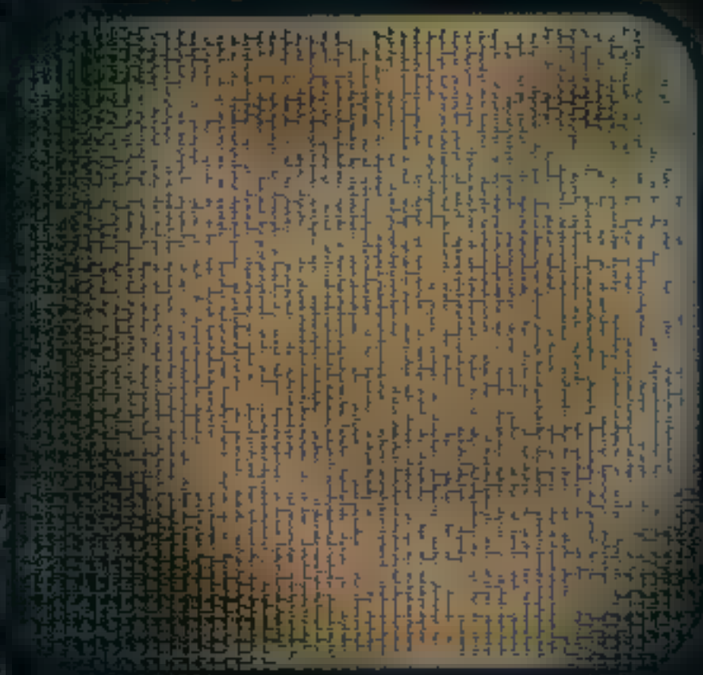


رؤيةُ الألوان

يثيرُ الضوءُ على شبكيّةِ العينِ، فترسِلُ ملايينُ الخلايا الحسّاسةِ للضوءِ رسائلَ إلى الدِّماغِ عبرَ العصبِ البصريِّ. نوعا الخلايا البصريةِ الرئيسيانِ في الشبكيّةِ هما ما نُسمّيهما نبابيتَ ومخاريطَ. تعمَلُ النبابيتُ في الضوءِ الخافتِ ولا تستطيعُ تحرّي الألوانِ. من المخاريطِ ثلاثةُ أنواعٍ — واحدٌ يتحرّى الضوءَ الأزرقَ، وآخرُ يتحرّى الضوءَ الأحمرَ، والثالثُ يتحرّى الضوءَ الأخضرَ. وحيثُ إنّ هذه هي ألوانُ الضوءِ الرئيسيةُ، فإنه يُمكِنُ رؤيةُ الألوانِ الأخرى كلِّها إذ تنبّه تركيباتٍ مختلفةً من المخاريطِ. ليس كلُّ الناسِ قادرينَ على رؤيةِ الألوانِ. عند بعضِ الناسِ ما نُسمّيه بعمى الألوانِ، وهؤلاءِ يكونُ في مخاريطِ الشبكيّةِ عندهم خلَلٌ، فلا يستطيعونَ تمييزَ الألوانِ. يُمكِنُ تشخيصُ عمى الألوانِ باستخدامِ اختبارٍ كهذا الذي تراه أعلاه. الأشخاصُ الذين لا يستطيعونَ التمييزَ بين الأحمرِ والأخضرِ لا يرونَ العددَ 683.

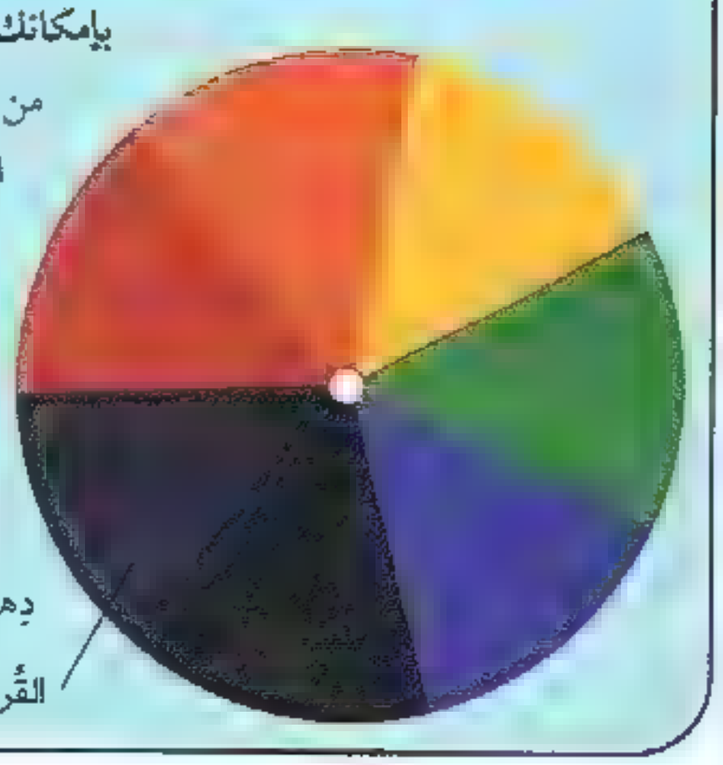
التلفزيون

تصفُ نِقاطٌ دقيقةٌ أو أشرطةٌ دقيقةٌ من مادّةٍ فسفوريّةٍ على شاشةِ التلفزيونِ في مجموعاتٍ ثُلاثيّةٍ (إلى اليمينِ). في كلِّ مجموعةٍ، تبعثُ إحدى النِّقاطِ ضوءًا أحمرَ، وتبعثُ الثانيةُ ضوءًا أزرقَ، وتبعثُ الثالثةُ ضوءًا أخضرَ. تنويعُ كمّياتِ كلٍّ من هذه الأضواءِ الأساسيةِ يؤدّي إلى تشكيلِ نِطاقٍ كاملٍ من الألوانِ المختلفةِ نراها حينَ ننظُرُ إلى الشاشةِ من بعضِ المسافةِ.



تَعال نُـجرِّب
قُرص مُدوَّم

بإمكانك أن تُري أنّ الضوء الأبيض يتشكّل من خليط من عدّة ألوان. كلّ لون من الألوان المطليّة على قُرص يعكِس لون ضوء مختلفًا. عندما تُدوَّم القُرص، تمتزج هذه الألوان معًا مُشكِّلةً لونًا أبيض. **اللوازم:** قِطعة من الورق المُقوّى؛ طبق صغير؛ قلم رصاص؛ مِقَصّ؛ مِسْطَرة؛ دِهانات ملوّنة؛ قلم رصاص مُروَّس.



القُرص بألوانه قبل التدويم

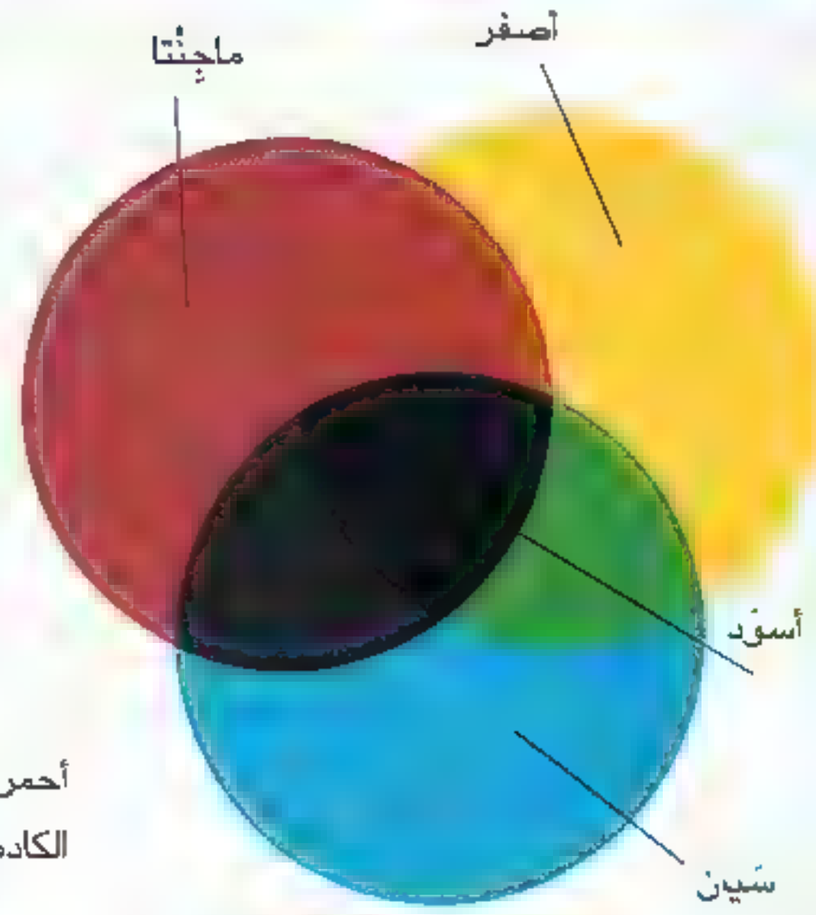
1 ضع الطبق الصغير على قِطعة الورق المُقوّى وارسُم حوله. فصِّلِ القُرص بانتباه، واستخدِم المِسْطَرة لتقسيمه إلى سبعة أقسام مُتساوِية.

2 لوِّنِ الأقسامَ بألوان الطَّيف بترتيب ألوان قوس قُزَحَ – الأحمر والبرتقاليّ والأصفر والأخضر والأزرق والنيليّ والبنفسجيّ.

3 روِّسْ قلمَ الرصاص واغرِزْه بانتباه عبر مركَز القُرص. اجعَلِ القُرص في موقع متوسِّط من القلم.

4 أوقِفِ القلم على رأسه واستخدِم الطرف الآخر لتدوير القُرص بأسرع ما يُمكِن. تَندمِج الألوان معًا ويبدو القُرص بلون أبيض.

الألوان تختفي إذ يُدوَّم القُرص.



ألوان الأصباغ الرئيسيّة

تمتصُّ الأصباغ ألوانًا بعَينها من الضوء الذي يقعُ عليها وتعكِس أخرى. الألوان الأساسيّة في الأصباغ هي الماجِنتا والسَّيان والأصفر، وكلّ لون منها يمتصُّ واحدًا من ألوان الضوء الأساسيّة. على سبيل المثال، الصِّبْغ الأصفر يمتصُّ اللون الأزرق لكنّه يعكِس اللونَين الأخضر والأحمر، فيَمزُج دماغنا اللونَين معًا فنَرى لونًا أصفر. مُركّبات مختلفة من ألوان الأصباغ الأساسيّة تُنتِج كلّ لون باستثناء اللون الأبيض. إذا مُزِجتْ معًا بِسَب مُتساوِيه من الأصبِغ الأساسيّه فإنّها تمتصُّ ألوان الضوء الأساسيّة كلّها فنرى لونًا أسود (إلى اليسار). عند الدِّهان، نستخدِم عِوَضًا عن ذلك ألوان الأحمر والأزرق والأصفر كألوان أساسيّة.

الأصباغ الطبيعيّة

العديد من الأصباغ التي نَستخدِمها اليوم صِطناعيّة، لكن في الماضي كانت الأصباغ تُحضَّر من موادّ طبيعيّة. أُستُخدِم في رُسوم لكُهوف القديمة أصبِغة مُحضَّرة من صُخور مطحونة وصلصال وفحم حشيّ وطباشير. يستخدِم رَسّامو الكُهوف بِطاقًا محدودًا من الألوان. اللونان الأحمر والبُنّيّ بصورة رئيسيّة. لكن بحُلول العُصور الوسطى كانت قد اكتُشِفَت أصبِغة عديدة مُتنوِّعة. وكان العديد من تلك الأصبِغة يُحضَّر بسحْق معادن تُعطي ألوانًا بهيجة. الأحمر الزَّبَرْجَديّ، على سبيل المثال، مصدره معدن أحمر مُرَقّ اسْمه أكسيد الكروم وهو يُوجَد في نوع من الصَّلصال يُعرَف باسْم «التُّربة الخضراء». أمّا أصفر الكدميوم فهو صِبْغ أصفر زاهٍ يحتوي على مُركّب كبريتيد الكدميوم المعدنيّ.

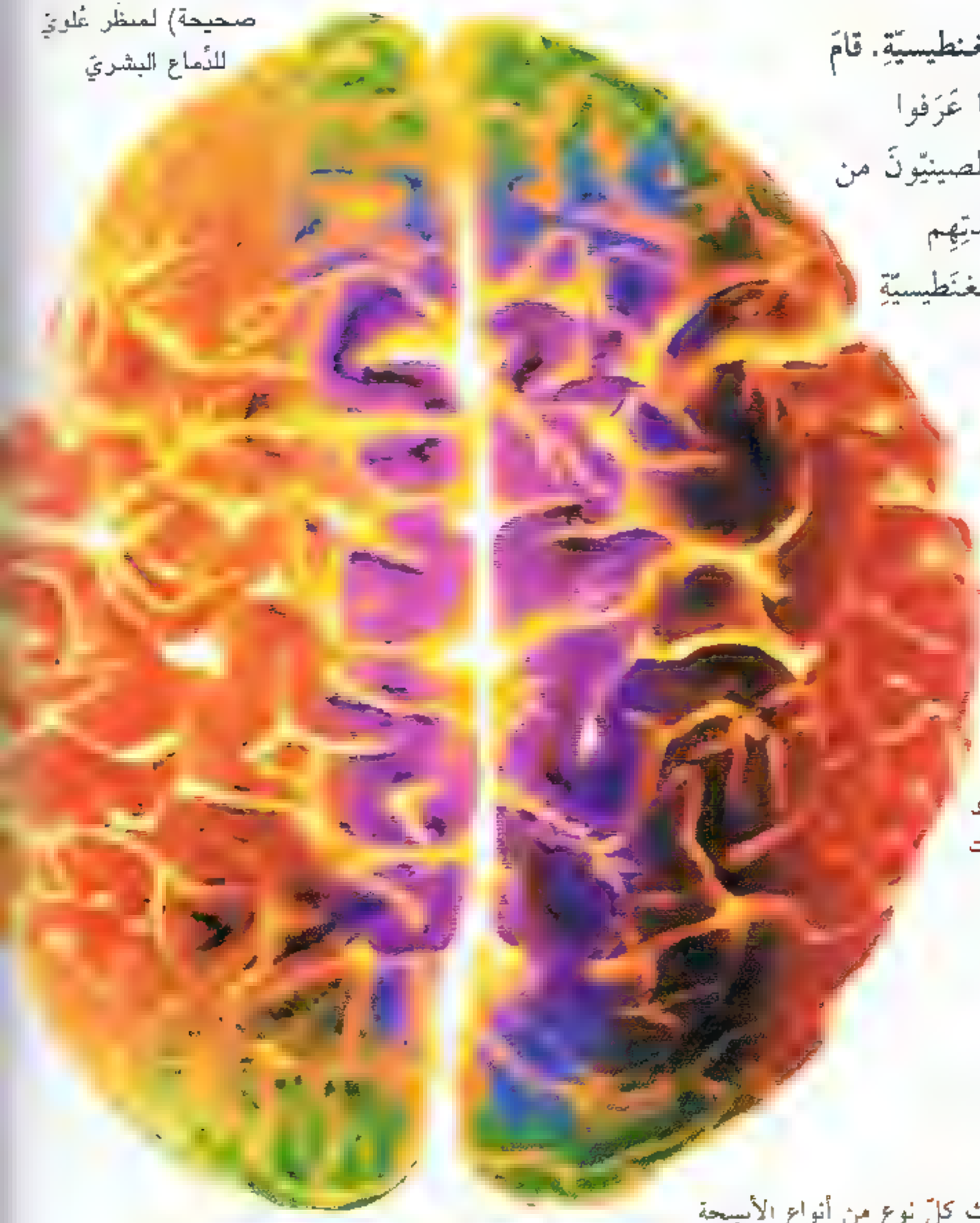
الكهرباء والمغنطيسيّة

الصورة: صواعقُ البَرق تضربُ مدينة توسون الأميركيّة. يحدُثُ البرق عندما تتراكَمُ الشُّحنات الكهربائيّة في السُّحُب.

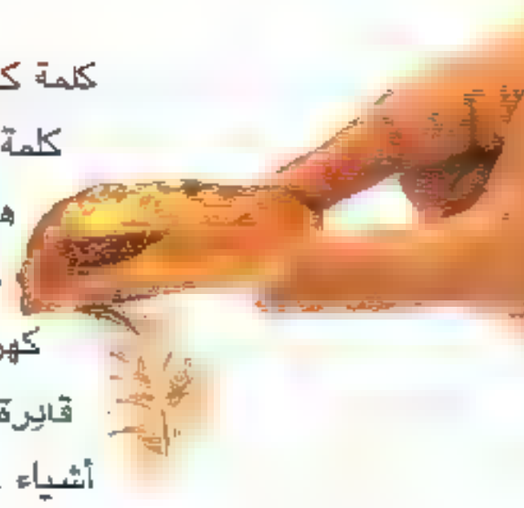
الوُصلة المناسبة

عَرَفَ الإنسانُ منذ زمنٍ بعيدٍ قوى الكهرباءِ والمِغنطيسيّةِ. قامَ اليونانيّونَ القُدامى بتَجارِبَ على الكهرباءِ. كما عَرَفوا الصُّخورَ المِغنَطيسيّة الطبيعيّةَ. ولقد استخدَمَ الصينيّونَ من القرنِ الحادي عشرَ خاصّةً المِغنَطيسيّةَ لمُساعَدتِهم في المِلاحةِ. على أنّ الصِّلَة بين الكهرباءِ والمِغنَطيسيّةِ لم تُكتشَفْ إلّا في القرنِ التاسعَ عشرَ، وصارَ بالإمكانِ استخدامُ قوّةِ الكهرباءِ. الكهرباءُ هي مصدَرُ القوّةِ الرئيسيُّ في العالَمِ اليومَ، وهي التي تُشغِّلُ الأجهزةَ الإلكترونيّة المختلفةَ ومنها الكومبيوتراتُ.

صورة ثُلاثيّة الأبعاد بالرَّنين المِغنَطيسيّ (بألوان غير صحيحة) لمنظر عُلويّ للدِّماغ البشريّ



كلمة كهرباء جاءَت من كلمة كَهْرَمان. إذا دَلَكْنا هذه المادّة بصوف أو فرْو، تكتسب شِحْنات كهربائيّة وتُصبِح قادِرة على اجتذاب أشياء خفيفة



التصوير بالرَّنين المِغنَطيسيّ

للمِغنَطيسيّة استعمالات عديدة. على سبيل المثال، بإمكان الأطبّاء أن يلتقِطوا صوَرًا لداخل أجسامنا بواسطة تِقنيّة ندعوها الرَّنين المِغنَطيسيّ. يُوضَع المريض في مَجال مِغنَطيسيّ واسع. يتشكّل نحو 65 بالمئة من جسم الإنسان من الماء. الحقل المِغنَطيسيّ يُمكِّن ذرّات الهِدروجين في الماء من امتصاص المَوجات الراديويّة العالية التردُّد بطرق مُعيَّنة. عندما تتوقّف المَوجات الراديويّة، تبعَث ذرّاتُ الهِدروجين الطاقة التي امتصَّتها على شكل مَوجات راديويّة ضعيفة. ويبعَث كلّ نوع من أنواع الأنسِجة مَوجات مختلفة الطول والشدّة. ويُحوِّل الكومبيوتَر هذه المَوجات إلى صوَر تُساعِد في تشخيص الأمراض.

ناظِمات النَّبْض

نبضات قلب الإنسان تُطلِقها نبضات كهربائيّة تصدُر عن منطقة في القلب نُسمّيها ناظِمة النَّبض. إذا حَدَثَ أن اضْطرَبَت تلك النبضات، تغيُّرات في مُخطَّط بيانيّ كهربائيّ له. يُمكِن أن يُزرَع في الصدْر ناظِمة نبضات اصطناعيّة. يكون لهذه النابِضة بطّاريّة تُمكِّنها من تَوليد النبضات الكهربائيّة المطلوبة. كما يُمكِن أن تُراقِب النَّشاط الكهربائيّ للقلب عبر مِخطاط كهربائيّة القلب. تظهَر العِلَل التي يُعاني منها القلب على شكل

جدول زمني

نحو 600 ق.م
الفيلسوف والفلكيّ اليونانيّ طاليس الميلاطيّ يكتشف أنّ دلْك الكهرمان يولِّد شحنة كهربائيّة.

نحو 1000
يُعتقَد أنّ البوصلة المِغنطيسيّة اختُرِعَت في الصين في نحو ذلك الوقت.

1600
العالِم والفيزيائيّ وليم جلبرت يُحاوِل أن يُفسِّر خواصّ الأرض المِغنطيسيّة.

1729
العالِمان ستيفن غراي وجان ديسّاغيليه يكتشفان أنّ بعض المواد عازلة للكهرباء، بينما بعضها الآخر موصِّل لها.

1752
العالِم الأميركيّ والسياسيّ بنجامين فرانكلين يكتشف طبيعة البرق الكهربائيّة.

1820
الفيزيائيّ الدانماركيّ كريستيان أورستد يكتشف الصلة بين الكهرباء والمِغنطيسيّة.

عَواصِف مِغنَطيسيّة

تُطبِق الشمس في الفضاء على نحو مُواصِل تيّارات من الجُسَيمات المشحونة كهربائيًّا نُسمّيها الرياح الشمسيّة. تحدُثُ في الشمس أحيانًا تفجُّرات مُفاجئة نُسمّيها اندِلاعات شمسيّة.

إنّ أنواعًا معيَّنة من مُبتعَثات الشمس يمكِنُ أن تتسبَّبَ بعواصفَ مغنطيسيّةٍ على الأرض.

لأعداد الهائلة من الجُسَيمات العالية الطاقة التي تنبعث من هذه التفجُّرات تتسبَّب باضطراب في حقْل الأرض المغنَطيسيّ. وهو ما يُعرَف بعاصِفة مغنَطيسيّة. يُمكِنُ أن تتسبَّب العَواصِف المغنَطيسيّة بإتلاف السَّواتِل وبانْدِفاعة كهربائيّة هائلة في خُطوط نقْل الطاقة يُمكِن أن تُعطِّل محطّات الصفة. وقد تُشوِّش أيضًا على المَوجات الراديويّة وتتسبّب بتغيير اتّجاه إبر البوصَلات.

نَبائط إلِكترونيّة

تشتمِل العديد من النبائط الإلكترونيّة، من تلفزيونات إلى أفران الميكروويف، أو أفران المَوجات الصُّغريّة، على مُكوِّنات تعمَل باستعمال إشارات كهربائيّة مُتغيِّرة تُمثِّل المعلومات. هذه

لُعبة إلِكترونيّة بسيطة

المُكوِّنات هي نبائط إلِكترونيّة. في العام 1947، أدّى اختراع نبيطة إلِكترونيّة هي الترانزِستور إلى أن يُصبِح بالإمكان صنْع أجهِزة إلِكترونيّة صغيرة الحجم وعمليّة. في بعض المُعدّات الإلكترونيّة، كهذه اللُّعبة التي تراها (أعلاه)، شريحة صغيرة من السيليكون تحتوي على سائر المُكوِّنات الإلِكترونيّة المطلوبة لتَشغيل النبيطة. الأجهزة المُعقَّدة تحتوي عادةً على شرائح عدّة، بالإضافة إلى مُكوِّنات إلِكترونيّة مُستقِلّة تُركَّب على لوح تُطبَع عليه الدارات الكهربائيّة.

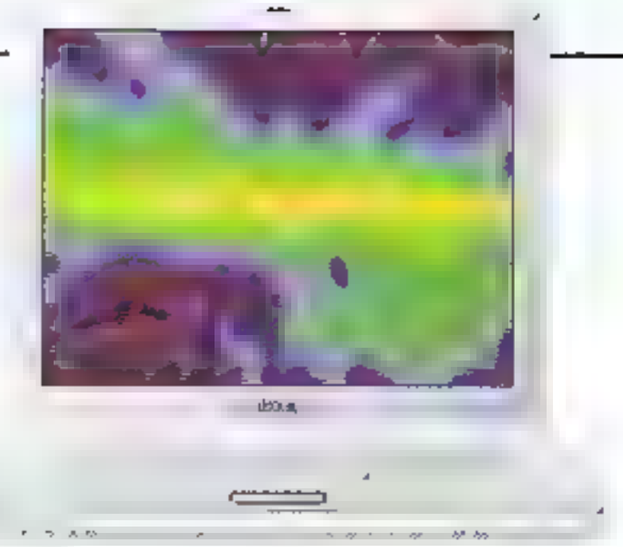
مُحوِّلات طاقة

الأنظِمة الإلِكترونيّة تحتوي نبائط تُسمّى مَحاويل، أو مُحوِّلات طاقة. المَحاويل تُحوِّل شكلًا من أشكال الطاقة إلى شكل آخر. على سبيل المثال، تُحوِّل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقة ميكانيكيّة أو تُحوِّل الطاقة الميكانيكيّة إلى طاقة كهربائيّة. الميكروفونات ومُكبِّرات الصوت، أو المَجاهير، هي أمثلة على مُحوِّلات الطاقة. يحتوي الميكروفون على حاجِز يهتزُّ آليًّا بفِعل المَوجات الصوتيّة. حركة الإهتزاز تتسبَّب بتَوليد تيّار كهربائيّ مُتراوِح يُمثِّل المَوجات الصوتيّة الأصليّة. في مُكبِّر الصوت، أو المِجهار، يحدُثُ العكس، إذ تتسبَّب التغيُّرات في التيّار الكهربائيّ الصادِرة عن مُضخِّم الصوت في اهتِزاز حاجِز وتَوليد مَوجات صوتيّة.

مُكوِّنات الميكروفون

أجهِزة الكومبيوتَر

يصعُب علينا اليوم أن نتخيَّل عالَمًا خاليًا من أجهزة الكومبيوتَر ومن الإنترنت، لكن الكومبيوتَر لم يدخُل عالَم الإستخدام الشخصيّ إلّا في أواسط السبعينيّات من القرن العشرين المُنصرِم. منذ ذلك الوقت، حَدَثَت تطوُّرات مُذهِلة في سرعة مُعالَجة المُعطَيات وفي ضخامة الكمّيّات التي يُمكِن خزْنها منها في ذاكِرة الكومبيوتَر. هذه التطوُّرات مُتواصِلة. للكومبيوتر استخدامات عديدة، من مُساعَدة المُهندِسين في تَصميم



أجهزة الكومبيوتر النقّالة تمكِّننا من العمل حيث شئنا.

الجُسور والمباني إلى توقُّع الطقس. الكومبيوتَر يَختزِن المعلومات ويُعالِجها في شكل أرقام ثُنائيّة. لهذه الأرقام قيمتان مُمكِنتان فقط – «0» و «1». العديد من أجهزة الكومبيوتَر يُعالِج المُعطَيات اليوم الواحدة بعد الأخرى. يأمُل العُلماء أن يَبنوا أجهِزة أسرع بكثير بإمكانها أن تُعالِج احتمالات عدّة في الوقت نفسه.

مُسرِّعة الجُسَيمات

يحتاجُ عُلماء الفيزياء في بعض تَجارِبهم إلى تسريع الجُسَيمات دون الذرّيّة إلى سرعات فائقة. وهم يَستخدِمون في الوصول إلى ذلك أجهزة عِلْميّة هائلة الحجم تُسمّيها مُسرِّعة الجُسَيمات. الكهرباء تتسبَّب بتَسريع الجُسَيمات، في حين يُحافِظ الحقْل المِغنَطيسيّ على الجُسَيمات في مَسارها الصحيح إذ تنطلِق سريعة في داخل المُسرِّع. بإمكان العُلماء، إذ يَدرُسون ما يحدُث عندما تُصيب هذه الجُسَيمات الفائقة السرعة الذرّاتِ أو جُسَيماتٍ غيرها، أن يَعرِفوا المزيد عن بنية الذرّات والجُسَيمات وعن طبيعتها.

نَفَق يشتمِل على مُسرِّعَين للجُسَيمات في فيرميلاب في الولايات المتّحدة الأميركيّة

1823 الرياضيّ الإنجليزيّ تشارلز بابّاج يبدأ تصميم مكنة حاسبة ميكانيكيّة.

1831 الفيزيائيّ والكيميائيّ الإنجليزيّ مايكل فارادي يكتشف أنّ المغنطيسيّة تولّد الكهرباء.

1876 المُخترِع الاسكتلنديّ ألكسندر بل يُسجِّل اختراعه للتلفون.

1911 الفيزيائيّ الهولنديّ هايك كامرلنغ-أونس يكتشف الموصليّة الفائقة.

1947 الفيزيائيّون الأميركيّون جون باردين ووالتر براتين ووليم شوكلي (الإنجليزيّ المولد) يخترعون الترانزستور.

1958 المُهندِس الإلكترونيّ الأميركيّ جاك كلْبي ينتج أوّل دارة مُتكاملة تشمل عدّة عناصر.

1958 شركة بل الأميركيّة تُنتج المودِم لتواصُل أجهزة الكومبيوتر عبر التلفون.

كهرباء ساكِنة

عندما تخطر الكهرباءُ ببالِنا نتصورها كهرباءَ تسري في أجهزةٍ كهربائيّةٍ. على أنّ الكهرباءَ ليست متحرّكةً دائمًا. الكهرباءُ الساكِنةُ تتسبّب بصواعِقِ البرقِ وتجعَل بعض أنواعِ الثيابِ تطقطِقُ إذ نخلعها. قد يتولّدُ عن ذلكِ جسمينِ أحدهما بالآخر شِحنةٌ كهربائيّةٌ موجبةٌ أو سالِبةٌ. الذلكَ يحرّرُ الإلكتروناتِ السالِبةَ الشحنةِ عن ذراتِ أحدِ الجسمينِ، فيُصبحُ موجبَ الشحناتِ. في حينِ تنتقِلُ الإلكتروناتُ المتحرّرةُ إلى ذرّاتِ الجسمِ الآخرِ فيُصبحُ سالِبَ الشحناتِ. مع أنّ الكهرباءَ الساكِنةَ كثيرًا ما تكونُ غيرَ مرغوبٍ فيها، فإنها نافِعةٌ في مِكناتِ النَسخِ الضوئيّ.

البرق

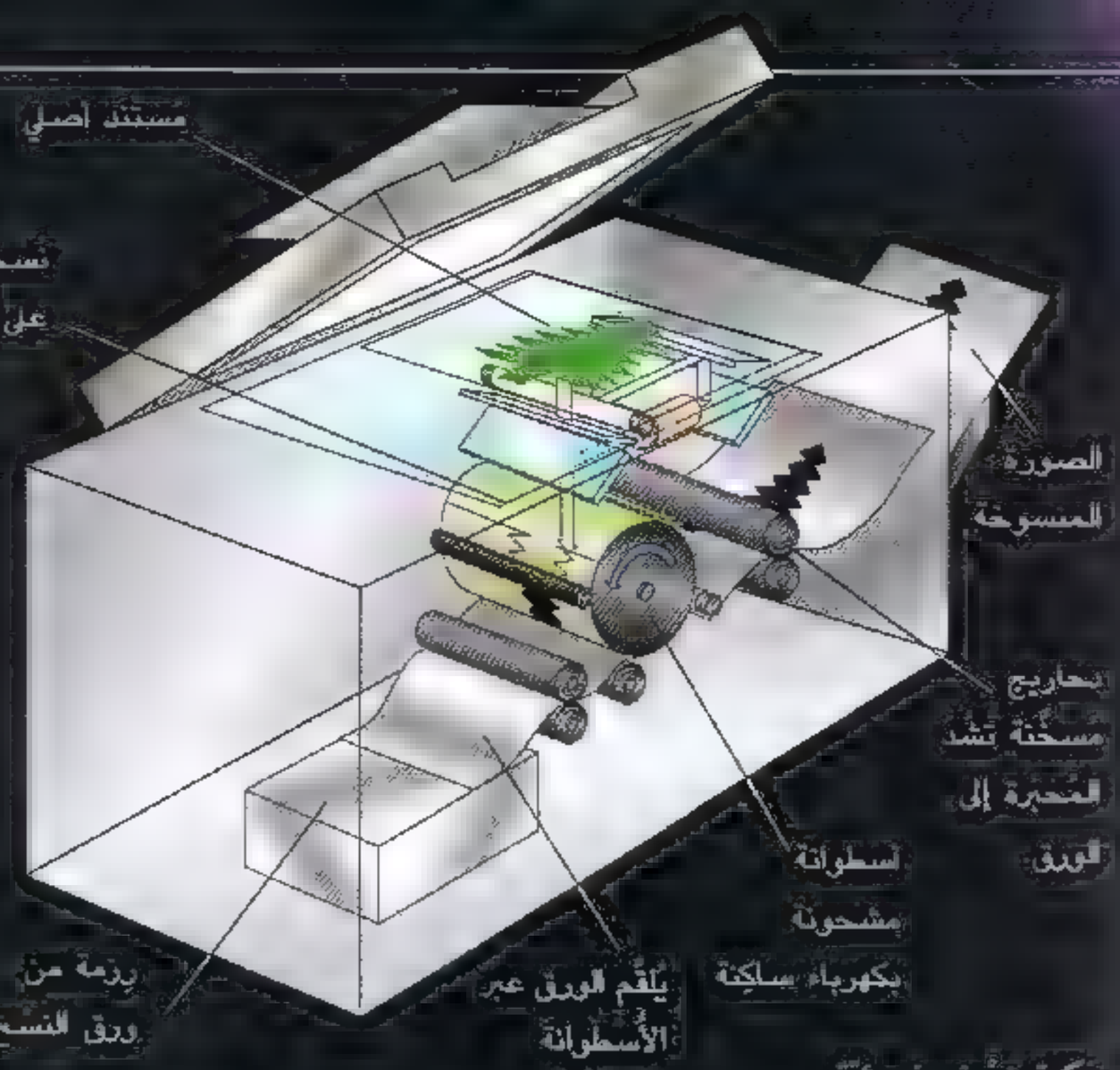
تتصادم جسيمات الماء والجليد داخل السحب الرعدية فتشحن بكهرباء ساكنة. تنتقل الجسيمات الصغيرة الموجبة الشحنات إلى أعلى السحابة، بينما تتجمع الجسيمات الأكبر السالبة الشحنات في أسفلها. الشحنة السالبة في قاعدة السحابة تحرض، أو تستحث، شحنة موجبة على الأرض تحتها. إذا كانت شحنة السحابة قوية فإنها تشق طريقها عبر الهواء إلى الأرض وتفرغ على شكل برق.

تجربة بنجامين فرانكلين على البرق

برهن السياسي والعالم الأميركي بنجامين فرانكلين (1706-1790) على أن البرق كهرباء ساكنة بإجرائه تجربة خطرة (أعلاه). ربط مفتاحًا إلى خيط طيارة ورق، ثم طير الطيارة في أثناء عاصفة رعدية. عمل الخيط المبتل عمل موصل، وعندما قرب يده من المفتاح أحس بصعقة ورأى شررًا كالشرر الذي يراه يتصاعد من تجربة مختبرية على الكهرباء الساكنة.

مولّد فان دي غراف

يمكن توليد الكهرباء الساكنة باستخدام مولد فان دي غراف، الذي اخترعه الفيزيائي الأميركي روبرت فان دي غراف (1901-1967). تولد مكنة صغيرة كهذه المكنة التي تراها أعلاه ظاهرة مدهشة. عندما يلمس شخص القبة المعدنية، تمر عبرها شحنات كهربائية سالبة. هذه الشحنات تصيب شعر الشخص الواقف أمامها فتشحنه ولأن الشحنات المتوافقة تتنافر ترى الشعر يقف



مكنة نسخ ضوئية

عندما يضغط أحدنا على زر النسخ في مكنة نسخ ضوئية، يقع على المستند ضوء. الضوء يعكس المساحات البيضاء على صفحة المستند لكنه لا يعكس الأجزاء التي يغطيها الحبر. في داخل المكنة أسطوانة مشحونة بكهربائية ساكنة. الضوء المنعكس من المستند على الأسطوانة يعادل الشحنة، أو يحيدها، حيث وقع. وهذا يترك الشحن على الأسطوانة فقط في المواضع التي كانت على المستند الأصلي مغطاة بالحبر. الأسطوانة تغلفها طبقة من مسحوق الحبر. عندما تدور الأسطوانة، ينتقل الحبر إلى الورق، والذي هو مشحون أيضا، فتنطبع النسخة.

ملابس مضادة للكهربائية الساكنة

يمكن أن تكون الكهرباء الساكنة مزعجة عندما تتسبب بالتصاق القماش على أجسامنا (أعلاه) وبالطقطقة عندما نخلعها. عندما نتحرك تتراكم شحنات متضادة على أجسامنا وملابسنا، وهو ما يجعل تلك الملابس تلتصق بنا. وقد طورت خيوط مضادة للكهرباء الساكنة للتخلص من الشحن أو منعه للتخفيف من آثاره.

تعال نجرّب
صنع إلكتروسكوب

بإمكانك أن تصنع إلكتروسكوبًا، أو مكشافًا كهربائيًّا، لقياس شحنات الكهرباء الساكنة. **اللوازم:** مُرشِد مُساعِد؛ رقائق ألومنيوم؛ كوب زُجاجيّ؛ قِطعة من الورق المُقوّى؛ قلم رصاص؛ مِقَصّ؛ سلك (من علّاقة ثياب)؛ عراء؛ شريط لاصِق؛ قلم بلاستيكيّ؛ قُماش حريريّ.

1 فصّل جُزءًا من ورق الألومنيوم على شكل قِطعة مُستطيلة طويلة لتعمل عمَل ورقتَين للإلكتروسكوب. وكَتِّل الباقي على شكل كُرة

2 صِع الكوب على رُقعة الورق المُقوّى مقلوبًا رأسًا على عَقِب. ارسُم حوله، ثمّ فصِّل القُرص بانتباه.

3 إغرِز السلْك بانتباه عبر وسط القُرص وغَرِّه في مكانه. اسأل راشدًا أن يلوي طرف السلْك. علّق من السلك ورقتَي الألومنيوم مُلصِقًا إيّاهما بقطرة غِراء. أنزِل السلْك في الكوب، وألصِقْ قُرص الورق المُقوّى إلى حافّته. إغرِزْ كُرة ورق الألومنيوم في طرف السلْك.

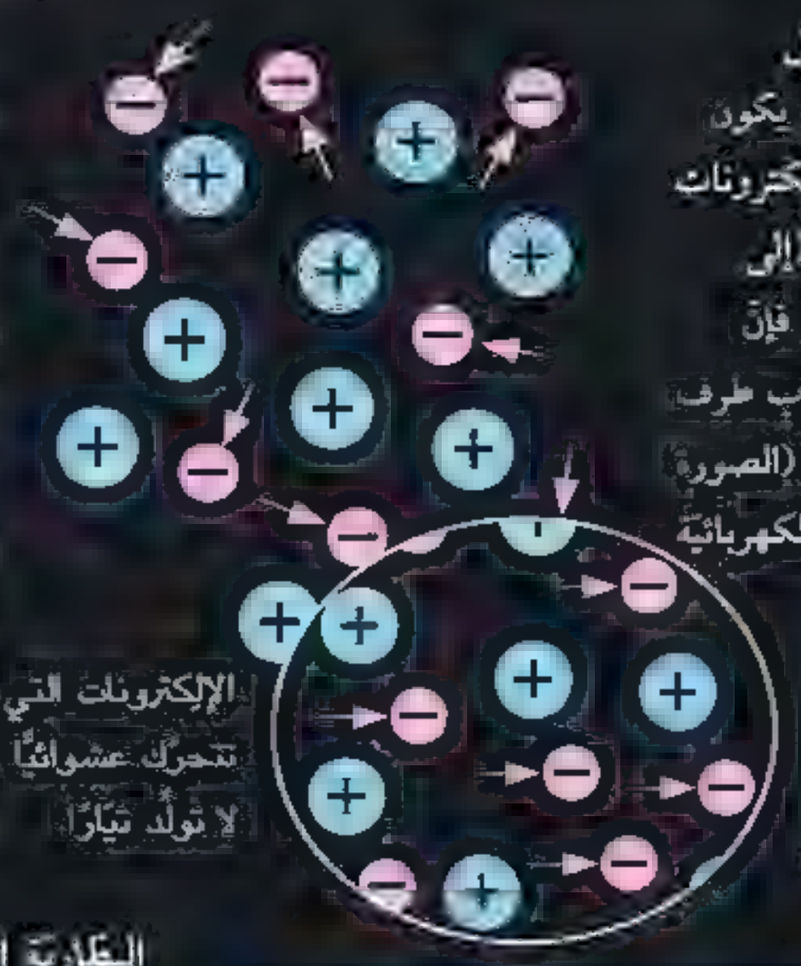
4 أدلُك القلم بقُماش حريريّ لتُكسِبه شِحنة موحدة. قرِّبْه من كُرة ورق الألومنيوم. الشُّحنات السالِبة في السلْك تنجذب إلى الكُرة، وهو ما يُعطي ورقتَي الإلكتروسكوب شِحنة موحدة. ولمّا كان لورقتَي الإلكتروسكوب الشُّحنة نفسها، فإنّهما تتنافَران

كهرباء سارية

يتطلّب العديد من الأجهزة والمكنات كهرباء تسري فيها وتشغّلها تسمّيها كهرباءَ التيارِ الكهرباءَ الساكنة (ص126-127) ليست صالحة لتشغيل الأجهزة والمُعدّات الكهربائية. أبسط طريقة لتوليد تيار كهربائي تكون في البطاريات، فهي مصدر نافع للطاقة يسهل نقله. بعض أنواع البطاريات، بطاريات السيارات مثلاً، يمكن أن يعاد شحنها مرة بعد مرة. تسمي المواد التي يسري فيها التيار الكهربائي مواد موصلة. المعادن جيدة التوصيل للكهرباء، لذا تصنع الأسلاك الكهربائية من المعدن.

التيار الكهربائي

التيار هو شحنة كهربائية تحدث عندما تنتقل الإلكترونات الحرة التحرك داخل موصل. يكون عادة من المعدن - بطريقة معينة. تتحرك الإلكترونات عادة بطريقة عشوائية في اتجاهات مختلفة (إلى اليسار). على أنه إذا وصل موصل ببطارية، فإن الإلكترونات ذات الشحنة السالبة تسري صوب طرف التوصيل الموجب في البطارية، ويتولّد تيار (الصورة داخل الدائرة). معدّل سرعة سريان الشحنة الكهربائية يُقاس باستخدام بيطة تسميها الأميتر، أو مقياس شدة التيار الكهربائي.



الإلكترونات التي تتحرك باتّجاه واحد تولّد تيارًا كهربائيًا.

البطاريات

البطاريات كلها تحتوي على مسريين معدنيين يفصل بينهما خليط موصل تسميه إلكتروليتًا. هذا الخليط يتسبب في كل مسرى بتفاعل كيماوي يولّد تيارًا. تعرف بطاريات المصابيح اليدوية وأجهزة الراديو ببطاريات جافة. وهي تحتوي على قضيب من الكربون وأسطوانة من الزنك يفصل بينهما معجون موصل. في نهاية الأمر، يتوقف التفاعل الكيماوي في البطارية الجافة، فتتوقف البطارية عن العمل على أنه يمكن إعادة شحن بعض أنواع البطاريات بتعريضها لتيار كهربائي يعكس التفاعل الكيماوي. تحتوي السيارات على مراكم أو بطاريات حمضية رصاصية، يعاد شحنها لا تولّد تيارًا (أعلاه). وهي توفر تيارًا للبدء بتشغيل المحرّك.

البطارية الأولى

في العام 1800، بنى الفيزيائي الإيطالي ألسندرو فولتا (1745-1827) أول بطارية عملية. كان أساس «عمودها الفلطائي» ثلاثة أنواع من الأقراص. قرص من الزنك وآخر من النحاس يفصل بينهما قرص من الورق المقوى مشبع بمحلول ملحي أو حمض ضعيف. عمل قرصا الزنك والنحاس عمل مسريين. وعمل الورق المقوى الرطب عمل إلكتروليت، أو خليط موصل. كوّم فولتا عدة مجموعات من هذه الأقراص بعضها فوق بعض لتوليد كمية أكبر من الكهرباء.

تعال نجرّب

صنع بطّاريّة

بإمكانك أن تصنع بطارية صالحة للعمل. اللوازم: راشد مُشرف؛ خلّ؛ إناء زُجاجيّ؛ سلك كهربائيّ له في كلّ من طرفيه مِشبك؛ شقّة من الزنك؛ شقّة من النُّحاس؛ لمبة 3 قلط صغيرة.

1 صُبّ في الإناء قسلًا من الخلّ. صِلْ سلكًا موصّلًا إلى طرف كلّ من الشقّتين. صِلِ الطرف الآخر لكلّ من هذين السلكين الموصّلين إلى جانب من جانبي اللمبة، كما هو مُبيّن. الآن غطِّس لشقّتين في الخلّ.

2 يبدأ تفاعُل كيماويّ بانحلال شقّة الزنك، وتجمّع إلكترونات من ذرّات الزنك على الشقّة حاملة بيّاض سالبة الشّحنة. وهذه تسري عبر الدارة المُكمِلة إلى شقّة النُّحاس، التي تكون قد أصبحت موجبة الشّحنة بعد فقْد إلكتروناتٍ منها للخلّ. وبسري التيار تُضيء اللمبة.

عناصر للتسخين في المدفأة الكهربائيّة تتشكّل من أسلاك موصِّلة.

الموصِّلات

المواد الحاوية لذرّات ذات إلكترون حرّ الحركة أو أكثر من إلكترون قادرة على توصيل الكهرباء وتُعرف بالمواد الموصِّلة. المواد التي لا تدور إلكتروناتها بحرية لا توصل الكهرباء وتُعرف بالمواد العازلة. ومن المواد ما هو بين هذين النوعين ويسمى بالمواد شبه الموصِّلة (ص 144-145). المعادن الفلزيّة مواد جيّدة التوصيل للكهرباء إذ إن فيها أعدادًا كبيرة من الإلكترونات الحرّة الحركة. الكبلات التي تصل الأجهزة والمعدات الكهربائية بالخط الرئيسي تصنع من معدن موصِّل – يكون عادة من النحاس – محاط بعازل من المطاط أو البلاستيك. العازل لا تسري فيه الكهرباء وهو بذلك يمنع الأذى عمن يلمس الكبل.

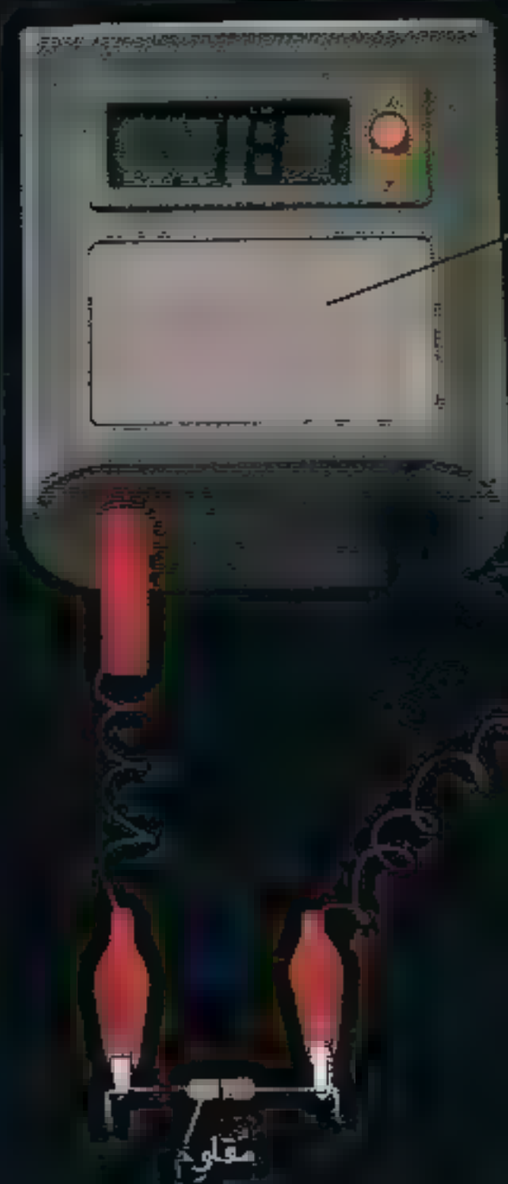
تَعال نُجرِّب

إختبار الموصِّلات

بإمكانِك أن تَستخدِم بطّاريّة ولمبة صغيرة لتتحرّى ما إذا كانت مادّة من الموادّ موصِّلة للكهرباء أو غير موصِّلة. كنْ حَذِرًا في استخدام البطّاريّات واتبعِ الإرشادات دائمًا. **اللوازم:** راشِد مُشرِف؛ أسلاك كهربائيّة موصِّلة لها مَشابِك في أطرافها؛ بطّاريّة 9 فُلْط؛ لمبة صغيرة؛ أشياء لِاختبارها (على سبيل المثال، قِطعة من خَيط الدوبارة؛ مِسطَرة خشبيّة؛ مِفَكّ براغيّ؛ شوكة).

1 صِلْ سلكَين بطرفَي التوصيل في البطّاريّة. علّق أحد السلكَين بلمبة، ثمّ صِلْ طرف اللمبة الآخر بطرف من طرفَي الشيء الذي تُريد اختباره، كما هو مُبيَّن.

2 ثمّ صِلْ بين الطرف الآخر للبطّاريّة والطرف الآخر للشيء الذي تُريد اختباره لتكتمِل الدارة. إذا كان الشيء موصِّلًا، تُضيء اللمبة، وإذا كان عازِلًا، تبقى اللمبة مُطفأة.



قياس التيّار

من الأميتر، أو مِقياس شدّة الكهرباء، أنواع عدّة مختلفة. أساس أحد هذه الأنواع ما نعرفه مِنْ أنّ التيّار الكهربائي يولِّد مجالًا مغنطيسيًا. هذا المجال يحرِّف الإبرة، فتُشير إلى موقع مختلف على مِقياس مُدرَّج، بحسب شدّة التيّار. يقيس نوع آخر مِقدار ما يسخّن التيّار سِلكًا رفيعًا داخل الأميتر. لمعظم الأميترات الحديثة شاشة رقميّة بدل المؤشّر الميكانيكي.

الدارات الكهربائيّة

لا تَسري الكهرباءُ إلّا ضِمنَ دارةٍ مُكتمِلةٍ. المُكوِّناتُ الأساسيّةُ الثلاثةُ للدارةِ هي موصِّلٌ تَسري فيه الكهرباءُ (مثلُ سِلكٍ نُحاسيٍّ)، وشيءٌ تُشغِّلُه الدارةُ (مثلُ لمبةٍ)، ومصدَرٌ للطاقةِ يُشغِّلُ التيّارَ (مثلُ بطّاريّةٍ). عندما تكتمِلُ الدارةُ، تَسري الكهرباءُ ولا تتوقَّفُ عن السرَيانِ إلّا حين تَنقطِعُ الدارةُ أو تنفَدُ الطاقةُ. مفاتيحُ الدارةِ تُمكِّنُنا من التحكُّمِ بالتيّارِ فنوقِف سرَيانَه حين تزولُ حاجتُنا إليه. يَستخدِمُ العُلماءُ رُموزًا تُمثِّلُ مكوِّناتِ الداراتِ الكهربائيّةِ في رَسمٍ بيانيٍّ.

رُموز دارة بسيطة

المُقاوَمة

للموصِّلات كلّها كمّيّة مُعيَّنة من المُقاوَمة لسرَيان التيّار. على سبيل المثال، فإنّ نحو 10 بالمئة من القُدرة الواردة من محطّات توليد الطاقة تَضيع قبل الوصول إلى المنازل والمصانع بفِعل المُقاوَمة في الكبْلات الناقِلة. عندما يُقاوِم موصِّلٌ تيّارًا كهربائيًّا، تتحوَّل الطاقة الكهربائيّة إلى حرارة. هذه الحاصّة يُستفاد منها في العديد من المُعدّات المنزليّة. تُستخدَم نبائط إلكترونيّة تُسمّيها مُقاوِمات (إلى اليسار) في العديد من الدارات لضبْط التيّار بطرق مختلفة، وهي تُصنَع من موادّ ذات مُقاوَمة عالية.

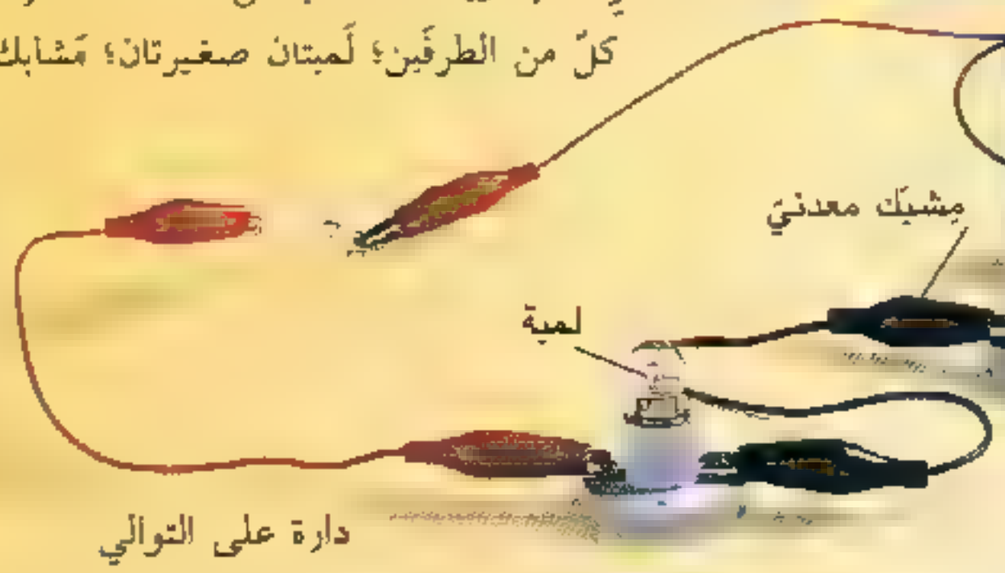
التسخين والإضاءة

في أدوات منزليّة مثل أدوات الطبخ والكَيّ، عناصر تسخين مصنوعة من أسلاك موصِّلة ذات مُقاوَمة عالية للتيّار الكهربائيّ الذي يَسري فيها. إذ يُقاوِم العنصرُ سريانَ التيّار فيه، يسخُن. المبدأ نفسه يُمكِّن اللمبة من توليد الضوء. فلمبات الضوء تحتوي على فَتيلة مصنوعة من عنصر التَّنغستِن ذي المُقاوَمة العالية للغاية. عندما تَسري الكهرباء في الفَتيلة، تسخُنُ جدًّا وتتوهَّج إلى درجة الإبْيِضاض.

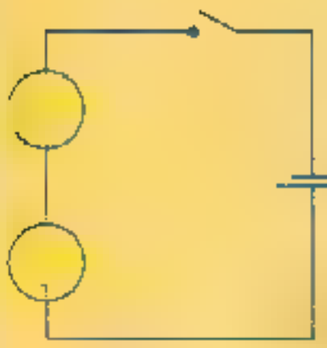
تَعالَ نُجرِّب
دارات بسيطة

بإمكانِك أن تَرى كيف تعمل الدارات البسيطة باستعمال عُدّة بسيطة. تناوَلِ البطّاريّات بانتباه واتّبِعِ الإرشادات بدقّة. **اللوازم:** راشِد مُشرِف؛ بطّاريّة 9 فلط؛ بعض الأسلاك الموصِّلة ذات المِشبَك في كلّ من الطرفَين؛ لَمبتان صغيرتان؛ مَشابك ورق.

1 لعمل دارة توالٍ، والتي تكون أجزاؤها متّصلة على التوالي، صِلِ اللمبتَين بالبطّاريّة بحيث تكونان في حلْقة متواصِلة (إلى اليسار). إستخدِمْ مِشبَك ورق لتفقّد الدارة وتصِدها. يكون ضوء اللمبتَين ضعيفًا، إذ تقلّل مقاومتهما التيّار الساري في الدارة. إذا لم تعمَل دارتك في البداية، تفحَّصِ الوصلات بين الأسلاك ومُكوِّنات الدارة الأخرى.

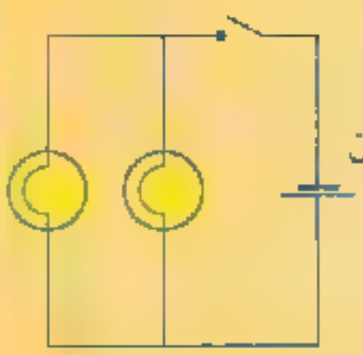


دارة على التوالي



دارة على التوالي

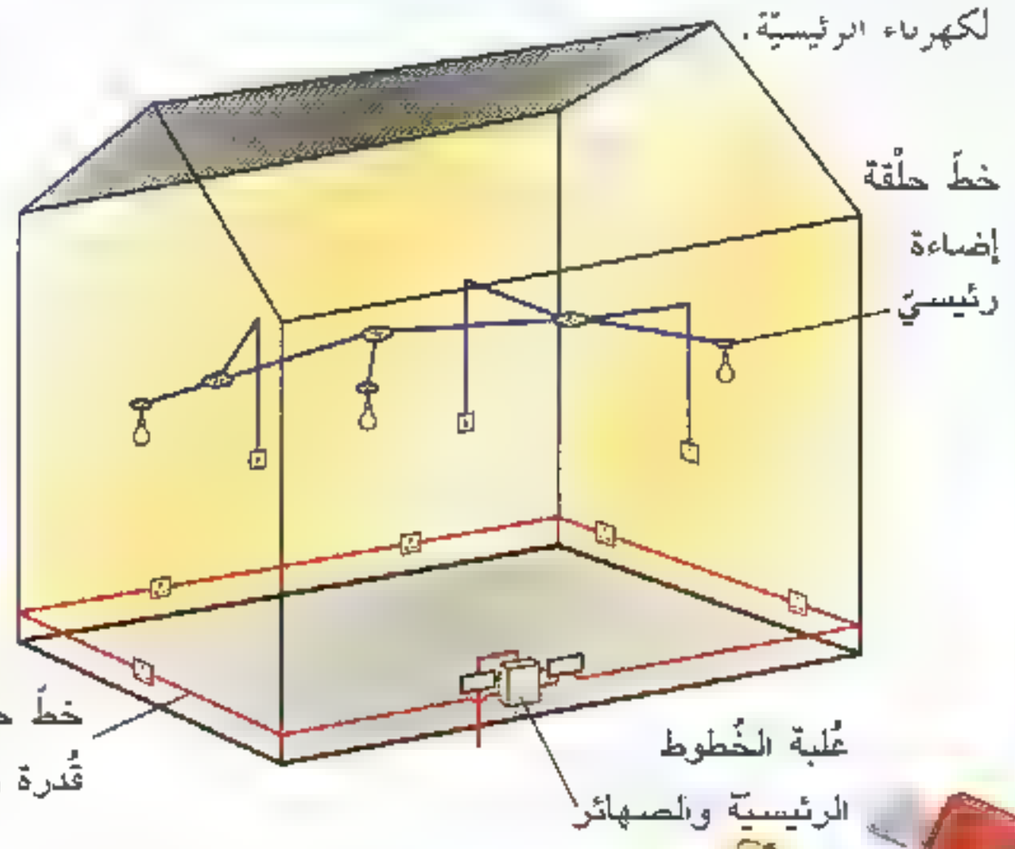
2 لعمل دارة على التوازي، يلزَمك مِشبَكا ورق (إلى اليمين) لإحداث مَسارَين مُستقلَّين للتيّار. صِلْ لمبة بكلّ من فَرعَي الدارة. تقِلّ المُقاوَمة في كلّ فرع إلى النصف مُقارَنة بالدارة على التوالي، لأنّ فيه لمبة واحدة، لذا تُنير اللمبتان بضوء أشدّ.



دارة على التوازي

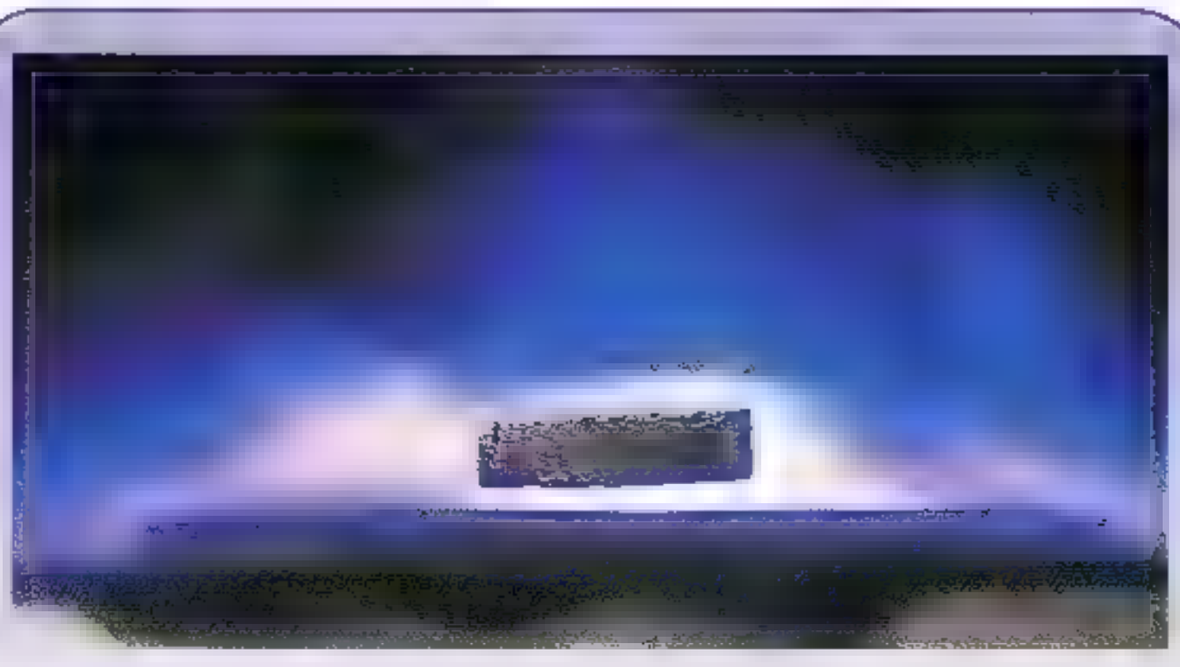
كهرباء المنازل

المنازل المَوصولة بخطّ التيّار الرئيسيّ يكون لها عادةً دارتان كهربائيّتان على الأقلّ على شكل حلْقيّ يمتدُّ في لعُرف من كلّ حلقة كبْلات. خطّ حلْقة الإضاءة الرئيسيّ يوزّع الكهرباء على تجهيزات الإضاءة، بينما خطّ حلْقة القُدرة الرئيسيّ يوفّر تيّارًا أقوى للمَقابس التي تزوّد الأدوات المنزليّة الكهربائيّة بالتيّار. تُستعمَل في بعض البُلدان حلْقة قويّة الإحتمال للطبّاخ وغيره من الأدوات المنزليّة الثقيلة. حيث يدخُل الخطّان الرئيسيّان المنزل عُلبة تحتوي على عَدّاد يُسجّل كمّيّة الكهرباء المُستعمَلة وصهيرة لكلّ حلْقة. من الحطر اللّعب بمَقابس خُطوط الكهرباء الرئيسيّة.



الصهائر

إذا سَرى تيّار شديد عبر سِلك، فقد يسخُن السّلك ويُشعِل حريقًا. لمنْع هذا الإحتمال، تُزوّد قوابس الأجهِزة المنزليّة كلّها ودارات الخُطوط الرئيسيّة في المنزل بصهائر مُناسبة. تحتوي الصهائر (إلى اليمين) على أسلاك معدنيّة أو شُقَق تَصهر إذا سَرى عبرها تيّار أشدّ ممّا يَجب. لذا إذا وقَعَ عُطل في دارة بغيضها وسرى فيها تيّار زائد عن الحدّ، تَنقطِع الصهيرة وتَنقطِع معها الدارة.



تَوصيل فائق

عند تبريد بعض الموادّ إلى درجة حرارة فائقة البُرودة، تفقِد مُقاوَمتها للتيّار الكهربائيّ وتُصبح ما نُسمّيه بموصّلات فائقة. العديد من الموادّ، ومنها القَصدير والألومنيوم والرصاص، قد أظهَرَت تَوصيلًا فائقًا. كان الفيزيائيّ الهولنديّ هايْك كامِرلِنْغ أونس أوّل من كشف هذه الخاصّة بتَجارِب قامَ بها على الزئبق في العام 1911. ينبغي تبريد الزئبق إلى -269°س ليُصبح موصّلًا فائقًا. التيّارات الكهربائيّة على سطح موصّل فائق تولّد حقلًا مِغنَطيسيًّا يُمكِن أن يدفَع مِغنَطيسًا صغيرًا أو يرفَعه في الهواء (أعلاه).

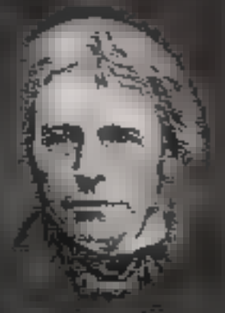
دارات إلكترونيّة

لعديد من المُنتجات الإلكترونيّة، ومنها التلفزيونات والكومبيوترات، تحتوي على دارات إلكترونيّة مُعقَّدة تُمكّنها من العمل. المُكوّنات الإلكترونيّة لا يتِمُّ الإتّصال بينها بالأسلاك، بل بواسطة دارات مطبوعة على لَوح كهذا اللّوح أدناه. يُصنَع لَوح الدارات المطبوعة من طبقة من مادّة عازِلة كهربائيًّا مطليّة بمادّة موصّلة مثل النُّحاس. يُزال النُّحاس من المَواضِع التي لا حاجة له فيها، وهو ما يترُك نمطًا من الوصلات بين المُكوّنات المختلفة تسري التيّارات الكهربائيّة عبرها.

كيمياء كهربائيّة

نَميلُ إلى الاِعتِقادِ أنّ الموصِّلاتِ الكهربائيّةَ جوامدُ، مثل الأسلاكِ المعدنيّةِ، لكنّ بعضَ السوائلِ أيضًا يُمكِنُ أن تكونَ موصِّلةً للكهرباءِ. عندما تَسري الكهرباءُ عبر سائلٍ موصِّلٍ، أو إلكتروليت، يحدُثُ تفاعُلٌ كيميويٌّ. إذا كان السائلُ الموصِّلُ مِلحيًّا، تفصِلُ الكهرباءُ المَحلولَ إلى غازِ الكلورِ وهدروكسيدِ الصوديوم (الصودا الكاويةِ). وإذا كان السائلُ الموصِّلُ يَحتوي على معدنٍ فِلِزّيٍّ، يفصِلُ التيّارُ هذا المعدنَ عن المَحلولِ. تُعرَفُ هذه العمليّةُ بالكَهْرَلةِ، أو التحليلِ الكهربائيّ. للكَهْرلةِ اليومَ استعمالاتٌ عديدةٌ، بما فيها استخراجُ بعضِ أنواعِ المعادنِ من خاماتِها وطَلْيُ الأشياءِ بطبقةٍ رقيقةٍ من المعادنِ الثّمينةِ.

قوانين الكهرَلة



مايكل فارادي
1867-1791

أجرى الفيزيائي والكيميائي البريطاني مايكل فارادي تجارب تفصيلية عديدة على الكهرلة واكتشف قانونين حولها. يقول قانون فارادي الأول إن كتلة المواد المتشكلة خلال عملية الكهرلة تتناسب مع كمية الكهرباء المستعملة، على أن كمية الكهرباء اللازمة لتشكيل كل مادة على حدة تتوقف على شحنة المادة وكتلتها. قانون فارادي الثاني يفسر هذا المبدأ العلمي رياضيا

الكَهْرَلة

تحدُث الكَهْرَلة، لُعطَس قضيبان موصلان، نُسمّي أحدهما إلكترودًا، أو مسرًى، في مَحلول موصِّل، أو إلكتروليت. إلإلكترودان تتصلان بطّاريّة أو بمورِد كهرباء آخر بواسطة أسلاك. يُسمّى الإلكترود الموصول بطرف توصيل البطّاريّة السالب كاثودًا، أو مَهبطًا، ويُسمّى الإلكترود الموصول بالطرف البطّاريّة الموجب أنودًا، أو مَصعدًا. وبما أن الإلكتروليت موصِّلٌ، يسري الكهرباء في الدارة لدرّات الإلكتروليت شحنة كهربائيّة وهذه الدرّات تُعرف بأيونات، أو درّات ذات شحنة. تنجذب الأيونات الموجبة، أو ما يُعرف بالكاتيونات، إلى الكاثود، أو المهبط، بينما تنجذب الأيونات السالبة، أو ما يُعرف بالأنيونات، إلى الأنود، أو المصعَد. وتتسبّب التفاعُلات الكيماويّة عند الإلكترودين بأن تكتسب الأيونات، أو تفقد، إلكترونات، وهو يؤدّي إلى فصل الإلكتروليت.

تجربة ديفي

في العام 1806، توقّع الكيميائيّ البريطانيّ همفري ديفي (1778-1829) أنّه سيكون بالإمكان استخدام الكهرباء لفصْل العناصر عن مُرَكّباتها (ص44-45). في السنة اللاحقة، استخدَمَ الكَهْرَلة لتحضير بوتاسيوم نقيّ من كربونات البوتاسيوم وصوديوم نقيّ من كربونات الصوديوم ثمّ تبَعَ ديفي عمَله فاستخدَمَ الكَهْرَلة لتحضير الباريوم والبورون والكالسيوم والسترونشيوم. اليوم نستخرج بعض المعادن الفلزيّة، مثل الألومنيوم والمغنيسيوم، من خاماتها بالكَهْرَلة. ونستخدم في تنقية معادن فِلزّيّة أخرى، ومنها النُّحاس، تِقْنيّات أخرى.

أُنبوب زُجاجيّ مختوم يحتوي على بوتاسيوم نقيّ

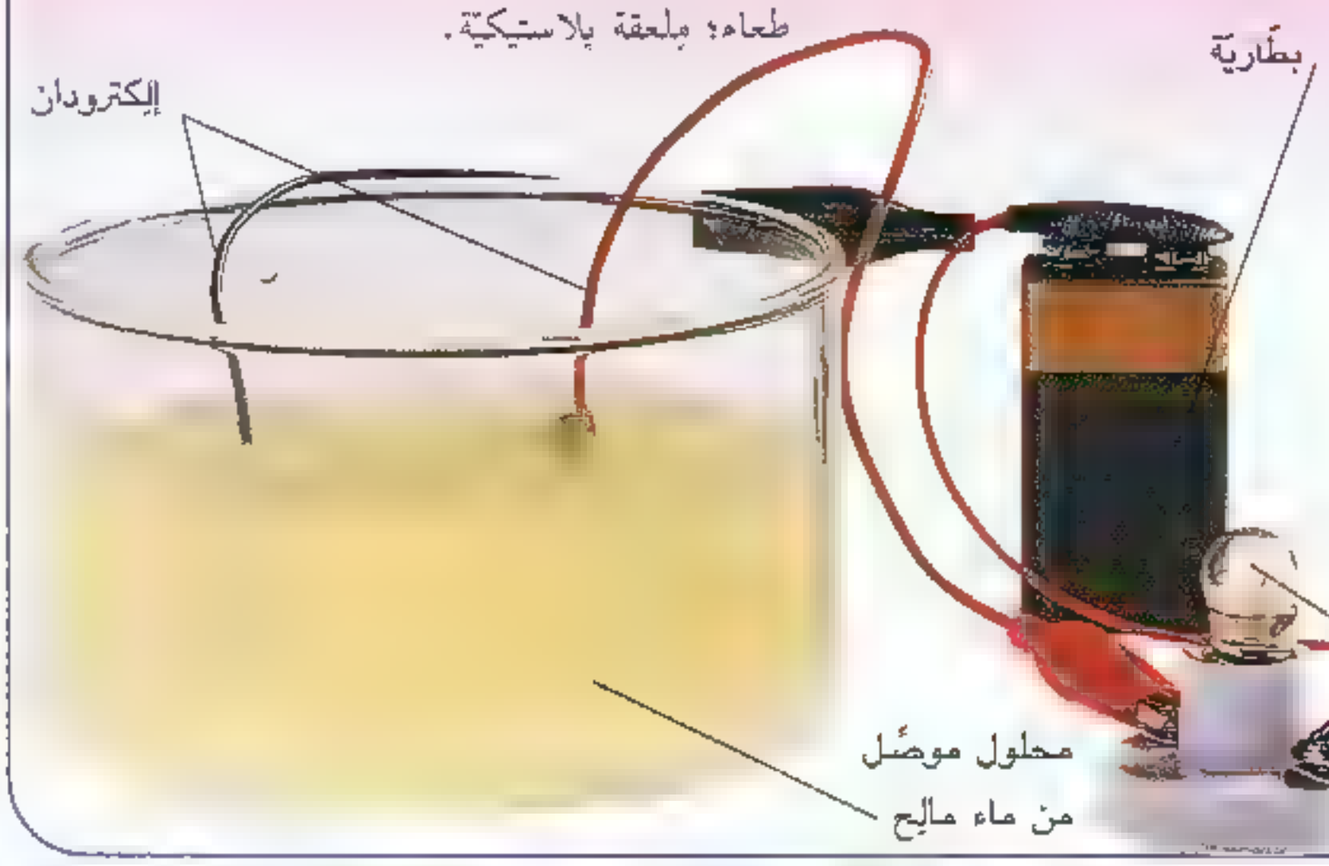
معامل كيماويّة تصنعُ الكلور بالكَهْرَلة.

تَعال نُـجرِّب

الكَهْرَلة

1 صِلْ سِلكًا بكلّ من طرفَي التَّوصيل في البطّاريّة. ضَع الطرف السائب من أحد السِّلكَين في إناء الماء، وألصِق السِّلْك إلى الإناء. صِلْ طرف السِّلك الآخر باللمبة، ثمّ اشبِك سلكًا آخر بالجانب الآخر من اللمبة وضَع الطرف السائب من هذا السِّلك في الماء على بعد بضعة سنتمترات من السِّلك الأوّل وألصِقْه.

2 أضِف المِلْح إلى الماء ببُطء، مع التحريك برِفْق من غير أن تُحرِّك السِّلكَين. سيَتزايَد ضوء اللمبة شدّةً إذ تُضيف المزيد من المِلْح. إذ كرَّرتَ التجربة مع ماء عذْب وأضَفتَ سُكّرًا بدل المِلْح، لن تُضيء اللمبة لأنّ الماء السُّكّريّ ليس إلكتروليتًا، أي ليس محلولًا موصِّلًا.



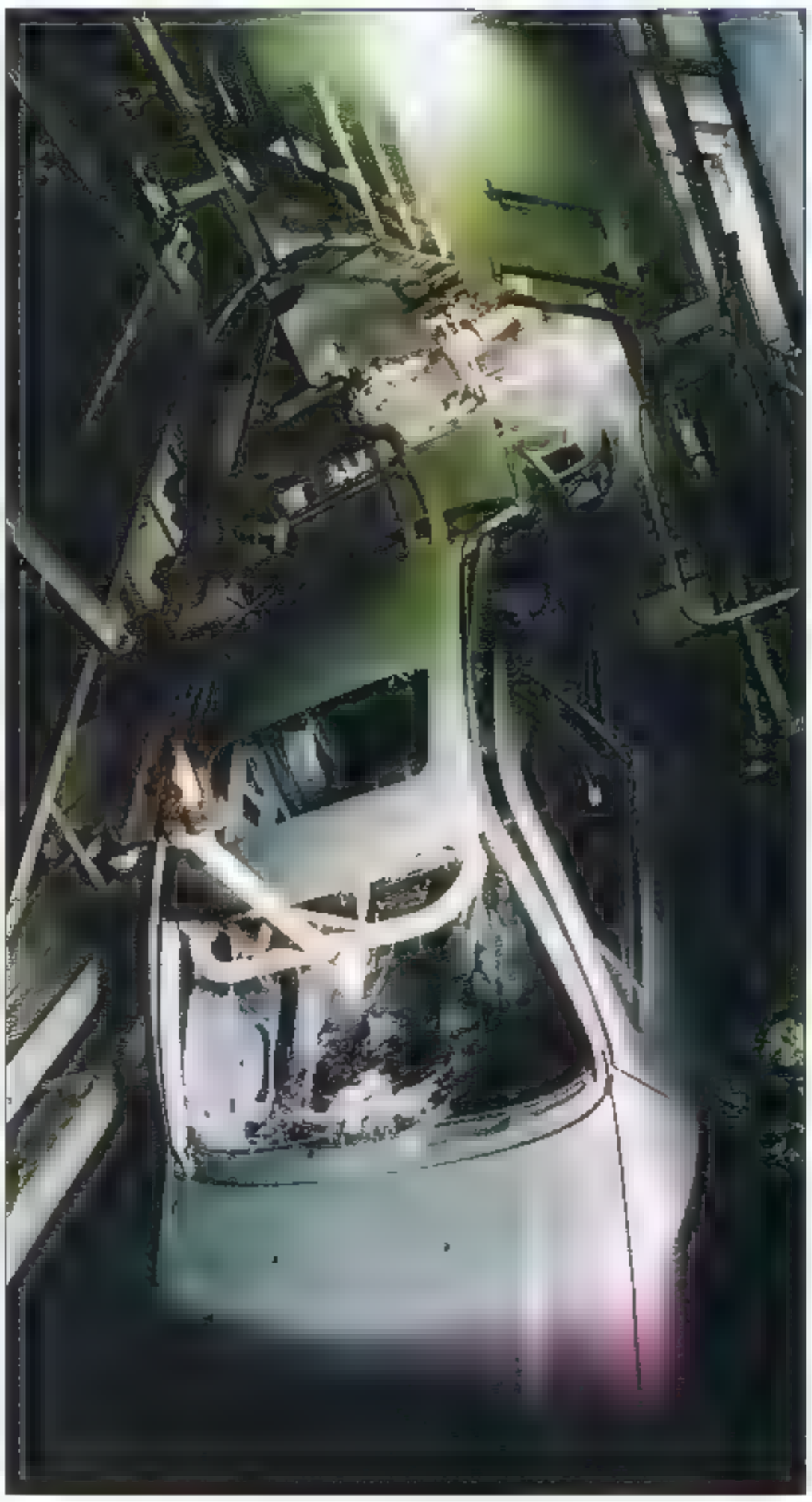
بإمكانك أن تُبرهِن على أنّ إضافة مِلْح إلى الماء يجعَله أفضل توصيلًا للكهرباء. عالِج النظريّات بانتباه واتّبِع الإرشادات بدقّة. **اللوازم** راشِد مُشرِف، أسلاك كهربائيّة موصِّلة ذات مِشبَك في كلّ من طرفَيها، بطّاريّة 9 فلط، إناء زُجاجيّ، ماء، شريط لاصِق، لمسة صغيرة، ملح طعام، ملعقة بلاستيكيّة.

طلْي بالكهرباء

يُمكِن استعمال الكَهْرَلة لطلْي الأشياء بطبقة معدنيّة سُمكها نحو 0,05 مم. تُستخدم هذه العمليّة، والمعروفة باسْم الطلْي بالكهرباء، لطلْي أدوات المائدة الرخيصة المعدن بمعدن ثمين. على سبيل المثال لطلْي مِلعَقة بطبقة من الفِضّة تُنظَّف أوّلًا، ثمّ تُجعَل كاثودًا بأن تُوصَل إلى طرف التَّوصيل السالِب في بطّاريّة. ويُستخدَم قضيب من الفِضّة أنودًا، أي مَصعَدًا، ويُغطَّس الإلكتروذان كلاهما في محلول يحتوي على مُركَّب فِضّة. تنجذِب أيونات الفِضّة الموجبة الشحْن في المحلول إلى المِلعَقة السالِبة الشحْن، فتكتسِب، إذا كانت تَدور دوَرانًا بطيئًا مُنتظِمًا، طبقة رقيقة مُنتظِمة من الفِضّة.

تَصميد ضِدّ الصدأ

الطلْي بالكهرباء يُفيد في حِماية الأشياء من الصدأ. على سبيل المثال، يُمكِن استعمال الكهرباء لطلْي أبدان السيّارات بالزِّنْك لمنْعها من الصدأ. خلال عمليّة الصنْع، يُغطَّس بدن السيّارة المعدنيّ في مُعطِس ضخم يحتوي على محلول الزِّنْك. يُكَهرَب البدن بحيث يعمَل عمل كاثود فيَجتذِب من المحلول أيونات الزِّنْك الموجبة. سرعان ما تُغطّي الأيونات كلّ أجزاء البدن، تاركةً عليها طبقة من الزِّنْك.



المِغنَطيسيّة

يحيطُ بالمَغانِطِ كلِّها مجالٌ مِغنطيسيٌّ – مجالٌ من القوة – يكونُ على أشدّه في القُطبين. القُطبانِ «شماليٌّ» و«جنوبيٌّ» القُطبانِ المتقابلانِ يتجاذبانِ، بينما يتنافرُ القُطبانِ المتماثِلانِ – على سبيلِ المثالِ قُطبانِ جنوبيّانِ. تولِّدُ الكُرةُ الأرضيّةُ مجالًا مِغنطيسيًا وهي تعملُ كأنّ في داخلِها مِغنطيسًا هائلًا. يقعُ القُطبُ الجنوبيُّ لهذا المِغنطيسِ الوهميِّ قُربَ القُطبِ الشماليِّ الجُغرافيِّ عند نقطةٍ تُعرفُ بالقُطبِ المِغنطيسيِّ الشماليِّ. البوصلاتُ تُشيرُ دائمًا إلى جهةِ الشَّمالِ لأنَّ إبرَها تنجذبُ إلى قُطبِ الأرضِ الجنوبيِّ الداخليِّ.

مجالُ الأرضِ المِغنطيسيِّ

يتشكّلُ لُبُّ الأرضِ من حديدٍ صُلبٍ محاطٍ بحديدٍ منصهرٍ. ويعتقدُ أنَّ التيّاراتِ الكهربائيّةَ السّاريةَ في اللُّبِّ الخارجيِّ هي التي تولِّدُ مجالَ الأرضِ المِغنطيسيِّ. لا يعرفُ العُلماءُ على وجهِ اليقينِ كيفَ تتولّدُ هذه التيّاراتُ، لكنَّ لها علاقةً بحركةِ دورانِ كوكبِ الأرضِ. يمتدُّ مجالُ الأرضِ المِغنطيسيِّ إلى الفضاءِ، وتتأثّرُ به الجُسيماتُ التي تدخلُ المنطقةَ التي تسميها المَغنيتوسفيرَ، أو الغِلافَ المِغنطيسيَّ، على مدى أزمانٍ طويلةٍ. يتحرّكُ قطبا الأرضِ المِغنطيسيانِ ببطءٍ، وهذا قد يعني أنّه في زمنٍ من أزمانِ التاريخِ كانَ القُطبُ الجنوبيُّ المِغنطيسيُّ في موقعِ القُطبِ الشماليِّ المِغنطيسيِّ الحاليِّ. الصورةُ المرسومةُ بالكومبيوترِ (إلى اليسارِ) تُريِ قطبَي الأرضِ المِغنطيسيينِ يتبادلانِ الموقعَ على مدى ألوفِ السّنينِ.

البوصلات

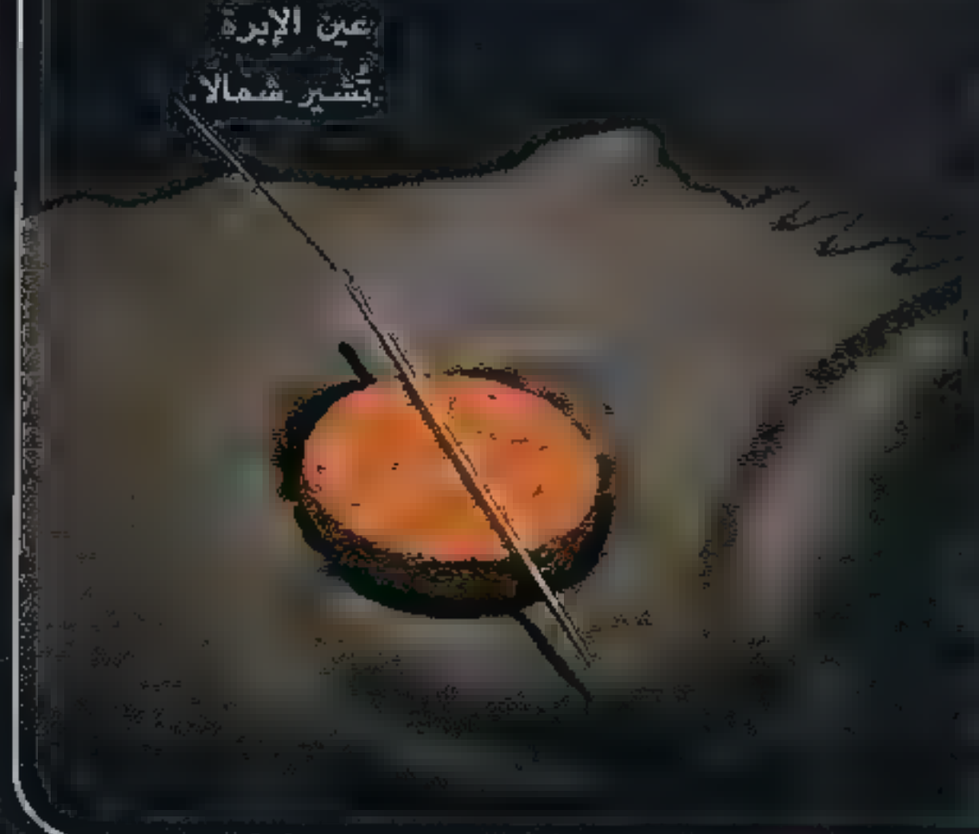
أسهلُ طريقةٍ لمعرفةِ اتجاهِكَ هي في استعمالِ بوصلةٍ مِغنطيسيةٍ. إبرةُ البوصلةِ تُشيرُ دائمًا إلى القُطبِ الشماليِّ المِغنطيسيِّ، لكنَّ ذلكَ ليسَ موقعَ القُطبِ الشماليِّ الجُغرافيِّ نفسِه. وموقعُه يتغيّرُ أيضًا بمرورِ الزمانِ، لذا يلزمُنا لمعرفةِ موقعِنا بدقّةٍ أن نقومَ بتصحيحاتٍ مستعينينَ برسومٍ بيانيّةٍ خاصّةٍ.

البوصلات في البحار

يحتاجُ البحّارةُ إلى وسيلةٍ معتمدةٍ لمعرفةِ اتجاهِهم في البحارِ فلا يضيعونَ. اليومَ تزودُ بعضُ القواربِ والزوارقِ ببوصلةٍ خاصّةٍ دوّارةٍ لمعرفةِ الاتجاهِ (إلى اليسارِ). ولمّا كانت سفنُ اليومِ تبنى من المعدنِ، وهو ما قد يؤثّرُ في قراءةِ البوصلةِ المِغنطيسيةِ قراءةً صحيحةً، فإنّه تستخدمُ بدلَ ذلكَ بوصلةٌ لامِغنطيسيةٌ تسميها بوصلةَ جيروسكوبيةً، أو دوّارةً تشيرُ دائمًا إلى القُطبِ الشماليِّ الجُغرافيِّ لا المِغنطيسيِّ.

تَعال نُجرِّب
صنْع بوصَلة

بإمكانك أن تصنع، بمواد منزلية، بوصلة بسيطة كتلك البوصلات التي كانت تُستخدم في الأيام الغابرة. اللوازم: إبرة فولاذية كبيرة؛ مغنطيس معلّم القُطبين؛ شريط لاصق؛ شريحة من الفلين؛ وعاء؛ ماء.



1 لجعل الإبرة مغنطيسية، ادلكها بمغنطيس مرّات في اتّجاه واحد. لتجعل عين الإبرة قُطبًا شماليًا، عليك أن تدلّك بالقُطب الجنوبي للمغنطيس وأن تبدأ بالدلك من رأس الإبرة في اتّجاه العين. انتبه لئلا تنغرز الإبرة في يدك.

2 ألصِق الإبرة الممغنطة بشريحة الفلّين، وعومها في وعاء مملوء بالماء. تدور البوصلة بحيث تشير عين الإبرة إلى الشمال الجغرافي.

الأضواء القُطبية

تطلق الشمس في الفضاء تيارات من جسيمات مشحونة. يمكن أن تنجذب إلى قطبي الأرض المغنطيسيين. تتأثر الجسيمات في مناطق الجو العُليا بجزيئات الهواء مولّدة أنماطًا بديعة من الأضواء تعرف بالشفق القُطبي، أو الأضواء القُطبية. وتحدث هذه الظاهرة في القُطبين الشمالي والجنوبي.

مجال المشتري المِغنطيسي

ليس كوكب الأرض وحده الذي له مجال مِغنطيسي. للكوكب المُشتري مجال مِغنطيسي أشد قوة بكثير من مجال الأرض المِغنطيسي. لكواكب نبتون وزحل وأورانوس أيضًا مجالات مِغنطيسية أقوى، في حين أن لكواكب عُطارد والزُهرة والمريخ مجالات مِغنطيسية أضعف. لكوكب المُشتري أضواء قُطبية شمالية وجنوبية أسطع بـ 1000 مرة من أضواء الأرض القُطبية. وهذه يُظَنّ أنها تتولّد من الجسيمات الصادرة عن تفجّرات بركانية في القمر المُسمى آيو، وهو أحد أقمار المُشتري، بالإضافة إلى جسيمات التيارات الشمسية.

أضواء قُطبية في كوكب المُشتري التقط صورها تلسكوب هابل الفضائي.

المَغانِط

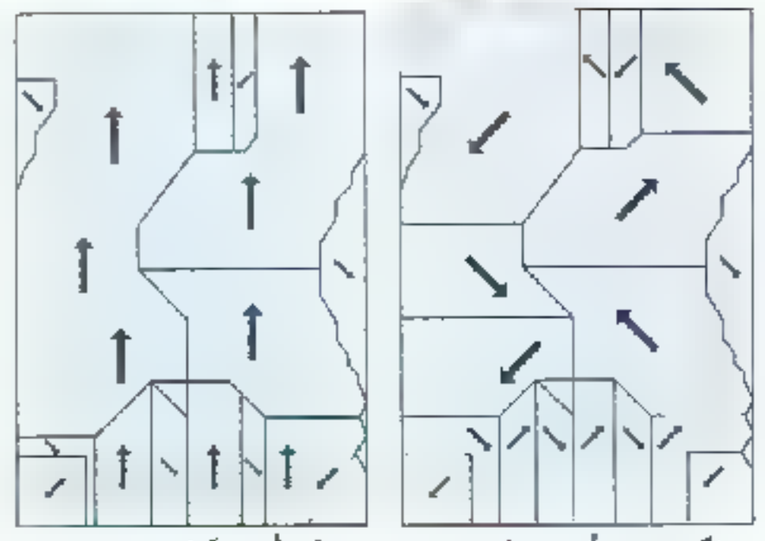
أيُّ مادّةٍ يُمكِنُ أن تجتذِبَ الحديدَ أو تتنافَرَ معه تُصنَّفُ على أنّها مِغنَطيسٌ. تنجذِبُ إلى المَغانِطِ موادُّ أخرى، وهذه الموادّ ومعها الحديدُ نُسمّيها موادَّ مِغنَطيسيّةً. من الموادِّ المِغنَطيسيّةِ نوعانِ، وكلاهُما يتمغنَطانِ في حقْلٍ مِغنَطيسيٍّ. الموادُّ المِغنَطيسيّةُ «الطريّةُ»، مثلُ النيكلِ والحديدِ، تفقِدُ مِغنَطيسيّتَها عند إبعادِها عن المَجالِ المِغنَطيسيِّ. أمّا الموادُّ المِغنَطيسيّةُ «القاسيةُ»، مثلُ سبائكِ الحديدِ، والنيكلِ، والكوبالتِ، والألومنيومِ، فتُصبِحُ، بعد تَمغنُطِها مَغانِطَ دائمةً. إبَرُ البوصَلاتِ الحديديّةُ والفولاذيّةُ يُمكِنُ مَغنَطتُها بدلْكِها بمِغنَطيسٍ.

أحجار المِغنَطيس

مَغانِط اليوم في معظمها اصطناعيّة، لكنّ البوصَلات الأولى كانت مصنوعة من حجر مِغنَطيسيّ طبيعيّ. كُتلة الحجر المِغنَطيسيّ الطبيعيّ (إلى اليمين) تجتذِب بُرادة حديد. كلمة مِغنَطيس مُشتقّة من كلمة مَغنيسيا، وهو موقع في تركيّا يكثُر فيه حجر المِغنَطيس الطبيعيّ. ويُظَنّ أنّ الصينيّين القُدامى كانوا أوّل من صَنَعَ بوصَلة، وكان ذلك في القرن الحادي عشر الميلاديّ، لكنّ السبب الذي يجعَل إبرة المغنَطيس تُشير دائمًا إلى الشمال لم يُعرَف إلّا بعد ذلك بزمن طويل. وفي العام 1600، عَلَّلَ العالِم الإنجليزيّ وِلْيم جِلْبِرْت (1544 1603) هذه الظاهرة فقال إنّ لأرض تعمل عمل مِغنَطيس هائل فتجتذب إبَر المَغنَط.

أنواع المَغانِط

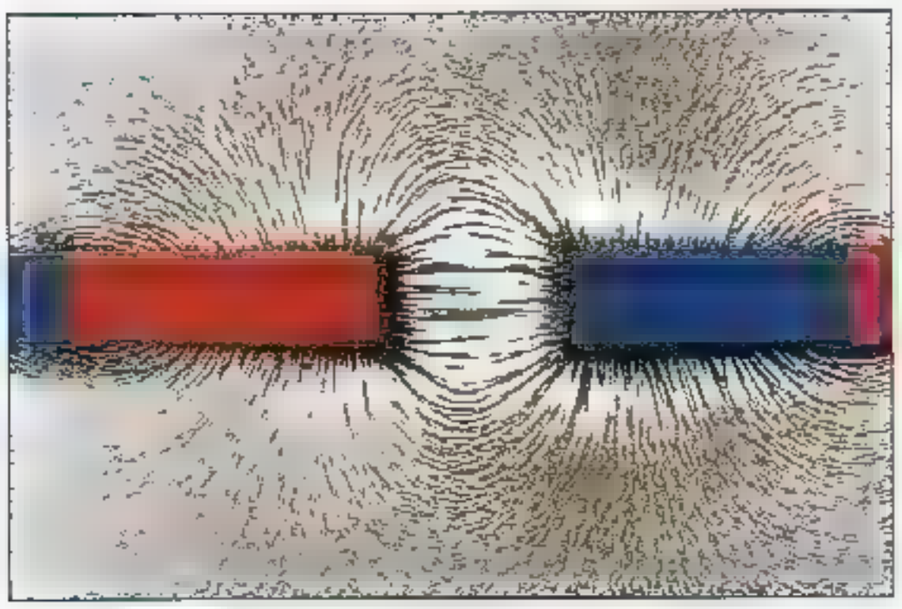
نظُر إلى موادّ مثل الخشب والتي لا تجذِب المِغنَطيس على أنّها غير مِغنَطيسيّة. في الواقع أنّ الموادّ كلّها «دايامغنطيسيّة»، وهذا يعني أنّها عندما تتعرّض لمَجال مِغنَطيسيّ، تُشكّل محالها المِغنطيسيّ الخاصّ بطريقة تجعَلها تصدُّ المجال المِغنَطيسيّ الخارجيّ. غير أنّ موادّ أخرى هي أيضًا «بارامغنطيسيّة»، وتأثير هذه أشدّ يُخفى مفعول دايامغنطيسيّتها. لموادّ البارامغنطيسيّة تنجذِب انجذابًا مُعتدلًا إلى المجالات المِغنَطيسيّة. وكذلك فإنّ بعض الموادّ هي أيضًا «فِرّومغنطيسيّة». وهذه الموادّ، مثل الحديد والنيكل، تُمغنِطها حتّى المجالات المِغنَطيسيّة الضعيفة وهي التي تنظُر إليها على أنّها مِغنَطيسيّة. الموادّ المِغنَطيسيّة كلّها تولّد حول نفسها مجالات قوّة مِغنَطيسيّة. تُري هذه الصور (إلى اليسار) كيف تكشِف بُرادة الحديد عن مجالات القوّة المِغنَطيسيّة.



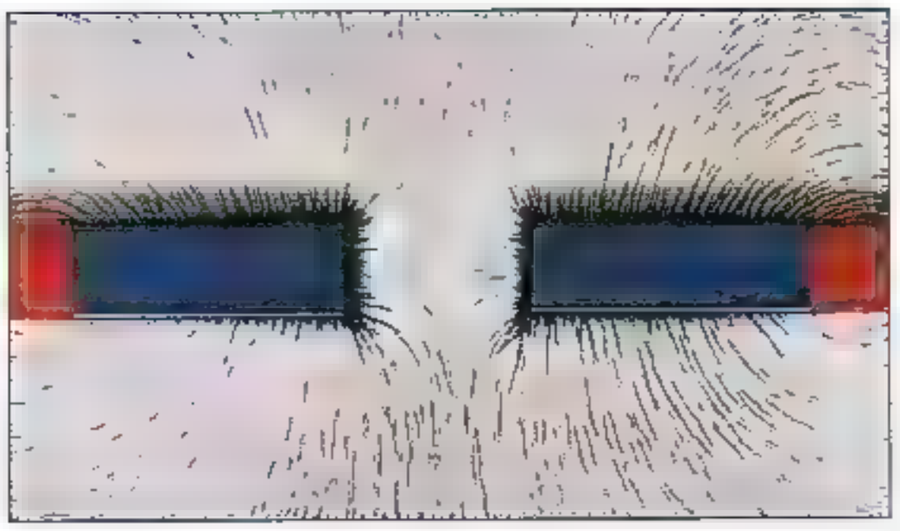
مادّة غير مُمغنَطة — مادّة مُمغنَطة

النّطاق المِغنَطيسيّ

تصطَفُّ الذرّات في الموادّ المغنَطيسيّة في بقعات، أو مجموعات، تتصرّف تصرُّف مَحابط صغيرة. تكون هذه النّطاقات عادةً مُصوّبة إلى الاتّجاهات كلّها، وهو ما يُبقي مغنَطيسيّتها. على أنّه عند وقوعها في مجال مغنطيسيّ تصطفُّ النّطاقات كلّها في وجهة المجال المِغنطيسيّ نفسها، وهو ما يجعل المادّة شديدة المغنَطيسيّة. إنّ طرْق المغنَطيس يُتلف المغنطيسيّة لأنّه يتسبّب بأن تتّجه النّطاقات مُجدّدًا في الاتّجاهات كلّها.



يتجاذَب قُطبا هذين المغنطيسين المُتقابلين، فتشتدّ المجال المغنطيسيّ بينهما.



القُطبان المُتماثلان يتنافَران، فبينهما صفْر مجال مغنطيسيّ.

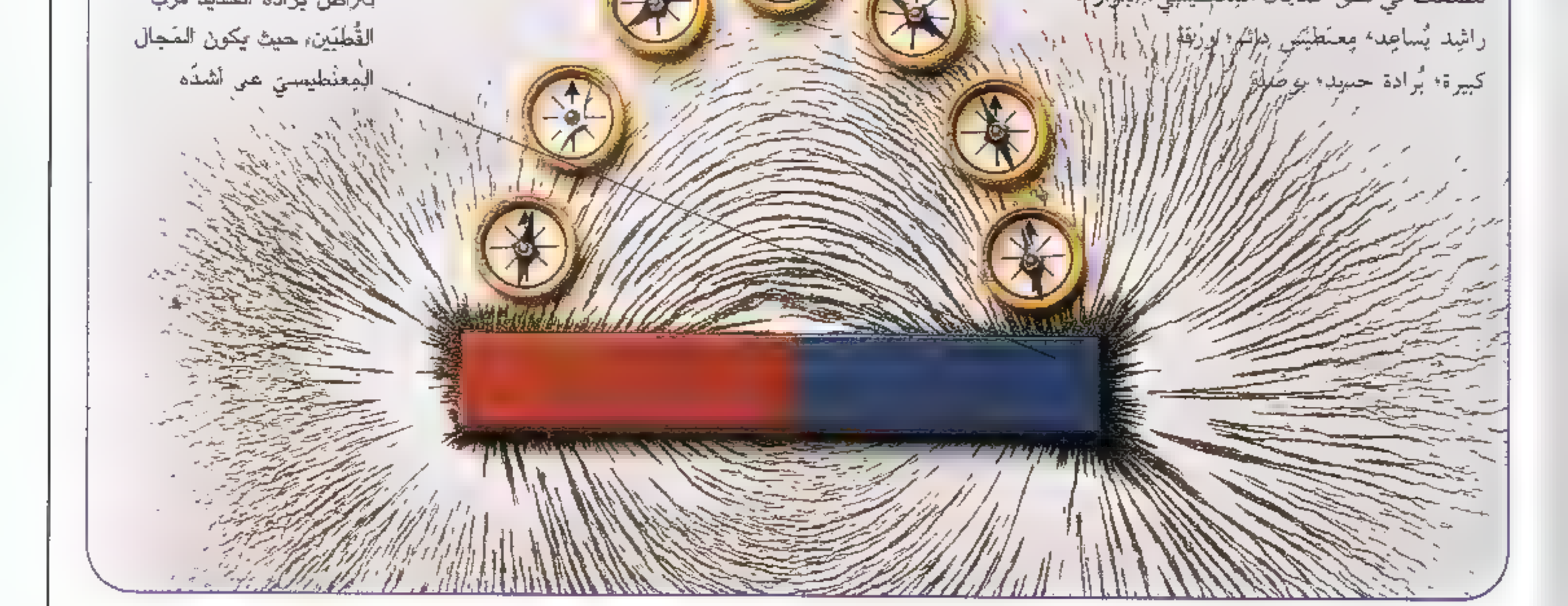
تعال نُجرِّب
خُطوط مَجال مِغنَطيسيّ

المَجال المِغنَطيسيّ حول المِغنَطيس غير مرئيّ عدةً، لكنّ بُرادة الحديد يُمكِن أن تكشِف عنه. عند تقريب البُرادة من مِغنَطيس، تتحوَّل بُرادة الحديد هي نفسها إلى مَعايِر دوّارة قُطبيّ شَماليّ وجَنوبيّ، وتتحرّك لتصطفّ في نَسَق المَجال المِغنَطيسيّ. **اللوازم:** راشِد يُساعِد، مِغنَطيس دائم، ورَقة كبيرة، بُرادة حديد، بوصَلة.

1 ضَع المِغنَطيس على الورقة. سَلْ راشِدًا أن ينثُر بُرادة الحديد بعِناية على أنحاء الورقة حول المِغنَطيس. أُنقُر الورقة بقوة خفيفة. تصطفُّ البُرادة في خُطوط تسق الحقْل المِغنَطيسيّ كما هو مُبيَّن.

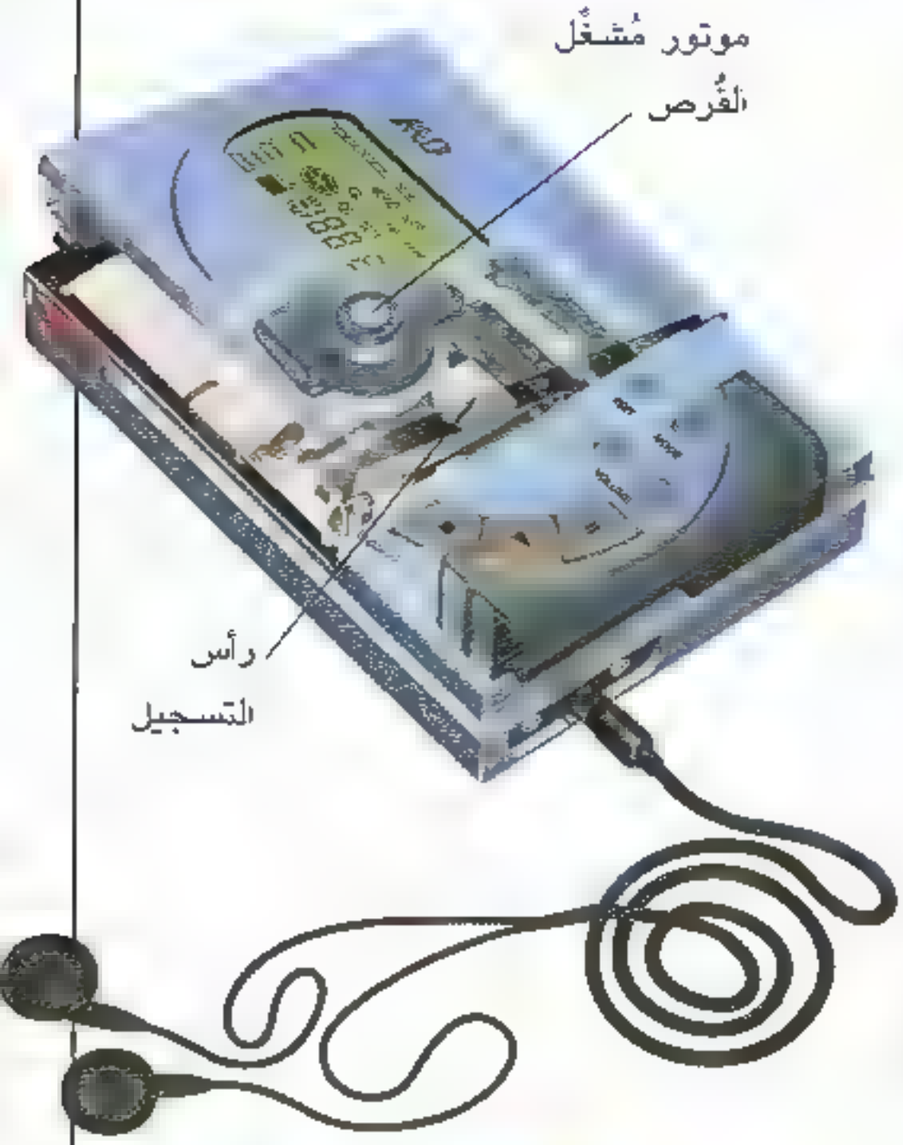
2 يُمكِن استعمال بوصَلة صغيرة للكشْف عن مَجال مِغنَطيسيّ. إذ إنّ إبرة البوصَلة تُسامِت خُطوط المَجال. وكلّما كان المَجال المِغنَطيسيّ في بُقعة أقوى، تكون خُطوط المَجال المِغنَطيسيّ أشدّ تقارُبًا.

تتراصّ بُرادة الحديد قرب القُطبَين، حيث يكون المَجال المِغنَطيسيّ هو أشدّه



تَعويم دايامِغنَطيسيّ

عندما تَقَعُ كائنات حيّة أو نباتات أو أجسام بلاستيكيّة أو أيّ أجسام أخرى دايامِغنطيسيّة، في مَجال مِغنَطيسيّ، تكتسِب ذرّاتها كلّها شيئًا طفيفًا من المِغنطيسيّة، وتولِّد إلكتروناتها مجالًا مِغنطيسيًّا صغيرًا يضادّ مَجال المِغنَطيس القريب. هذا يعني أنّ المِغنَطيس يُنافِر الذرّات. إذا كانت قوّة دفْع المِغنَطيس هي قوّة الجاذبيّة التي تشُدُّ الجسم إلى الأرض، يُمكِن أن يرتفِع الجسم ويطفو فوق المِغنَطيس.

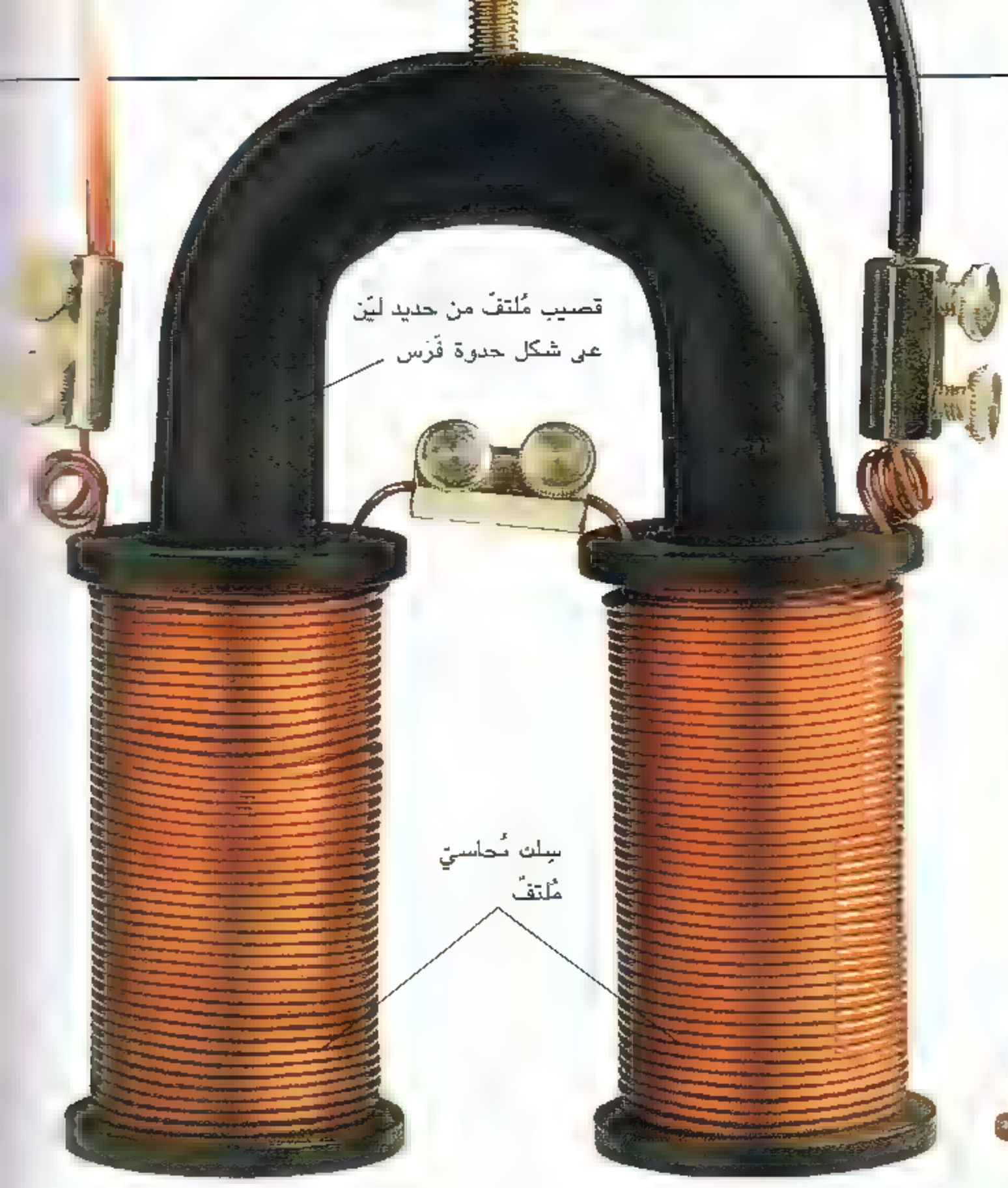


أقراص صغيرة

تُختزَن الإشارات الصوتيّة في شكل رقْميّ على طبقة مِغنَطيسيّة داخل قُرص صغير. عندما يُسجَّل شيء، يُسخَّن ليزر استعادة لتسجيل الطبقة المِغنَطيسيّة إلى 180 °س، بينما يحُثُّ رأس تسجيل مِغنَطيسيّ مناطق قُطبيّة شماليّة أو جنوبيّة. كلّ مِنطقة من المناطق التي تنتهي بقُطب شماليّ تُمثِّل واحدًا (1)، بينما تُمثِّل كلّ مِنطقة من المناطق التي تنتهي بقُطب جنوبيّ أو صفرٌ (0). لتشغيل التسجيل، يعمل شُعاع الليزر بقوّة أضعف. البُقَع ذات القُطب الجنوبيّ تتأثّر مع شُعاع الليزر بطريقة مختلفة عن تأثُّر البُقَع ذات القُطب الشماليّ، وهو ما يُمكِّن من فكّ رُموز المُعطيات ويُعيدها إلى شكل أصوات.

وصلات كهربائيّة

معظمُ المَكِناتِ الكهربائيّةِ اليومَ تعتمِدُ على المِغنَطيسِ الكهربائيِّ، أو الكهرَمِغنيطِ، وهو المِغنَطيسُ الذي يُمكِنُ تشغيلُه أو تعطيلُه بوَصلِ التيّارِ الكهربائيِّ إليه أو قطْعِه عنه. أدّى اكتشافُ العلاقةِ بين المِغنَطيسيّةِ والكهرباءِ في القرنِ التاسعَ عشرَ إلى تطويرِ مَكِناتٍ جديدةٍ لمُهِمّاتٍ واسعةِ النِّطاقِ. للمَغانِطِ الكهربائيّةِ استعمالاتٌ عديدةٌ، تتراوَحُ من رفْعِ أحمالٍ معدنيّةٍ ثقيلةٍ إلى تَوفيرِ دسْرٍ للقطاراتِ الطافية فوق سِكّتها وتَشغيلِ التلفوناتِ. تُشكِّلُ المِغنَطيسيّةُ الكهربائيّةُ أيضًا أساسَ الموتوراتِ والمولِّداتِ الكهربائيّةِ.



مَغانِط كهربائيّة

في العديد من المَغانِط الكهربائيّة، لا يُحتاج إلى التيّار الكهربائيّ إلّا لبعض الوقت. على سبيل المثال، يُستخدَم في جَرَس الباب مِغنَطيس كهربائيّ لا مغنطيس دائم. يتشكّل المِغنَطيس الكهربائيّ عادةً من مِلَفّ سِلك موصِّل حول قصيب من مادّة مِغنَطسيّة لَيّنة مثل الحديد. عند قطْع التيّار الكهربائيّ، لا يكونُ للمِغنطيس أيّ قوّة (أعلاه). وعندما يسري التيّار في المِلَفّ، أو الوشيعة، يتمغنط المغنطيس الكهربائيّ (أعلاه إلى اليسار). وإذا تَغيَّر اتّجاه التيّار، يُصبح القُطب الشماليّ للمِغنطيس الكهربائيّ قُطبًا جنوبيًّا والعكس بالعكس. وكلّما زادت شدّة التيّار السري في المِلَفّ، وكلّما زاد السّلك الذي بحتويه، زادَت قوّة المِغنطيس الكهربائيّ.

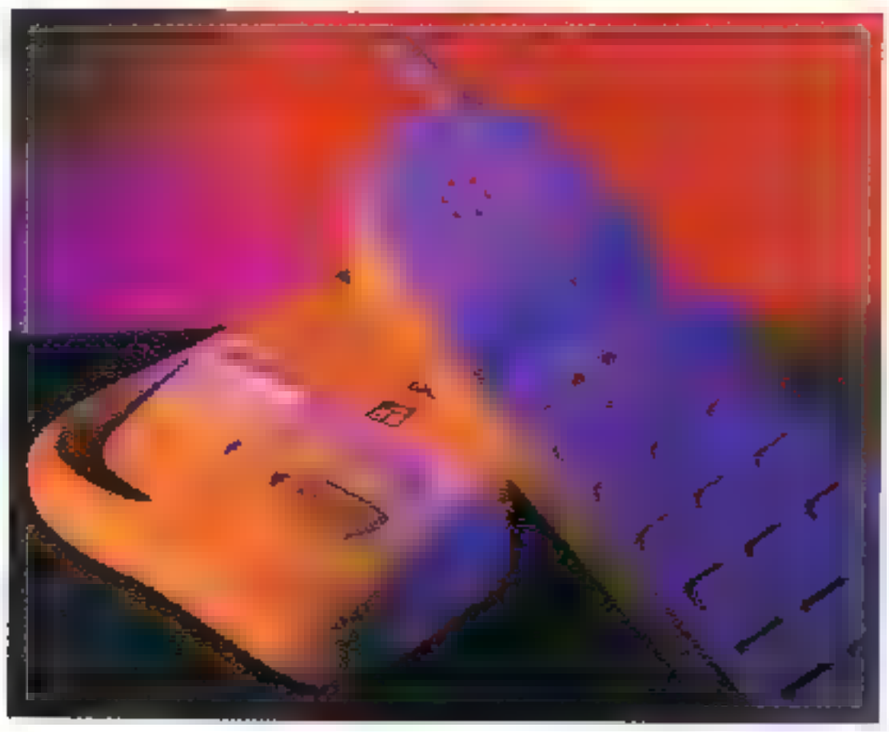
عندما يُقطع التيّار، تتّجِه الإبرة شمالًا

المِغنَطيسيّة الكهربائيّة

إكتشَفَ الصِّلة بين الكهرباء والمِغنَطيسيّة الفيزيائيّ الدانمركيّ هانز كريستيان أورستِد (1777-1851). عندما قرَّبَ بوصَلة من سِلك حامِل لتيّار، تحرَّكَت الإبرة. بيَّنَ ذلك أنّ التيّار الكهربائيّ يولِّد مَجالًا مِغنَطيسيًّا. تابَعَ العالِم الفرنسيّ أندريه ماري أمبير (1775-1836) التجارب في هذا المجال فوجَدَ أنّ شدّة المَجال المِغنَطيسيّ حول سِلك تزدادُ بازدياد شدّة التيّار.

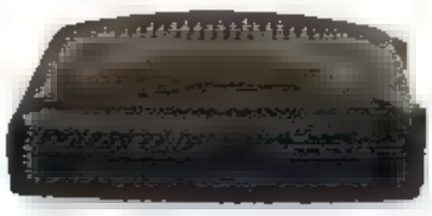
قِطارات ماغْليف

قِطارات ماغْليف لا تَنطلِق على السِّكّة الحديديّة بل تطفو فوقها مُستخدِمةً الكهرباء المغنطيسيّة. إذ تمُرُّ مَعابِط مُركَّزة في أسفل العربات فوق مِلَفّات، أو وَشائع، موصَّلة في السِّكّة، تُصبح المِلَفّات مَعابِط مؤقّتة تُنافِر قوّتها المِغنَطيسيّة المعابط التي على العربات، فيَطفو القِطار. يَتقدَّم القِطار لأنّ مَعابِط كهربائيّة دائمة، مُركّزة على السِّكّة يُزوِّدها بالقُدرة تيّار مُتناوب (ص 140-141)، تُغيِّر القُطبيّة، فيَجذِب القِطار إلى المَغانِط أمامه ويُنافِر تلك التي وراءه.



التلفونات

المَعدِن الكهربائيّة في داخل سمّاعة التلفون تُمكِّنا من تبادُل الأحاديث عن بُعد. فَمَوِيّة التلفون تحتوي على رُقاقة تهتزّ بفعل مَوجات صوت المُتكلِّم. تتحوَّل الإهتزازات إلى تيّار كهربائيّ مُتغيّر يَسري في خطّ التلفون. يُمكِن سماع الإشارات لأنّ المستقبِل في سمّاعة التلفون يحتوي على رُقاقة أخرى ومِغنَطيس كهربائيّ. التغيُّرات في التيّار الواصِل السّاري في خطّ التلفون تُغيّر في المجال المِغنَطيسيّ الذي يولِّده المِغنَطيس الكهربائيّ، وهو ما يؤدّي إلى اهتزاز الرُّقاقة وإعادة توليد المَوجات الصوتيّة.



المودِم

ليست المُحادَثات وحدها التي يُمكِن نقْلها عبر خُطوط التلفون. بإمكان الكومبيوترات أن تُرسِل رسائل إلكترونيّة ومِلفّات تصل إلى شخص آخر بواسطة مودم (أعلاه إلى اليسار). المودم يُحوِّل المعلومات الثنائيّة الآتية من الكومبيوتر إلى نَغمات، وهذه تُرسَل عبر خُطوط التلفون. وعندها تُحوَّل النغمات بواسطة مودم آخر إلى مُعطَيات مُحدَّدة في معظم الكومبيوترات والهواتف النقّالة مودمات داخِلة في بنائها.

تَعال نُجرِّب

اِصنَعْ مِغنَطيسًا كهربائيًّا

بإمكانك أن تصنَع مِغنَطيسًا كهربائيًّا يرفَع أشياء صغيرة مُمغنطة. تَناوَلِ البطّاريّات دائمًا باتّجاه واتّبِع الإرشادات بدقّة. **اللوازم:** رائِد مُشرِف، مِفكّ براغيّ ذو قبضة بلاستيكيّة، سِلك نُحاسيّ، شريط لاصِق، بطّاريّة 9 فُلْط، مَشابك ورق معدنيّة

1 لتَحويل مِفكّ البراغيّ إلى مِغنطس كهربائيّ، عليك أوّلًا أن تُفكّ السِّلك النُّحاسيّ لفًّا مَلفورًا حول وسطه كما تَرى (إلى اليسار). إستخدِمْ شريطًا لاصِقًا لتثبيت السِّلك في كلّ من الطرفَين.

2 صِلْ أحد طرفَي السِّلك بطرف التَّوصيل الموجب في البطّاريّة والطرف الآخر بطرف التَّوصيل السالِب. مع وصْل السِّلكَين بالبطّاريّة يكون مِفكّ البراغيّ قد تمغنَط إسبهْ عند تناوُل مِفكّ البراغيّ إذ قد يكون السِّلك النُّحاسيّ ساخِنًا.

3 المِغنَطيس الكهربائيّ الذي صَنَعته من مِفكّ براغيّ يُمكِن استخدامه الآن لرفْع مَشابك ورق معدنيّة وأشياء أخرى مصنوعة من موادّ مِغنَطيسيّة. عند فصْل المِغنَطيس الكهربائيّ عن البطّاريّة، يأخُذ يفقد مِغنَطيسيّته وتتساقَط عنه الأشياء العالِقة به.

تَوليد الكهرباء

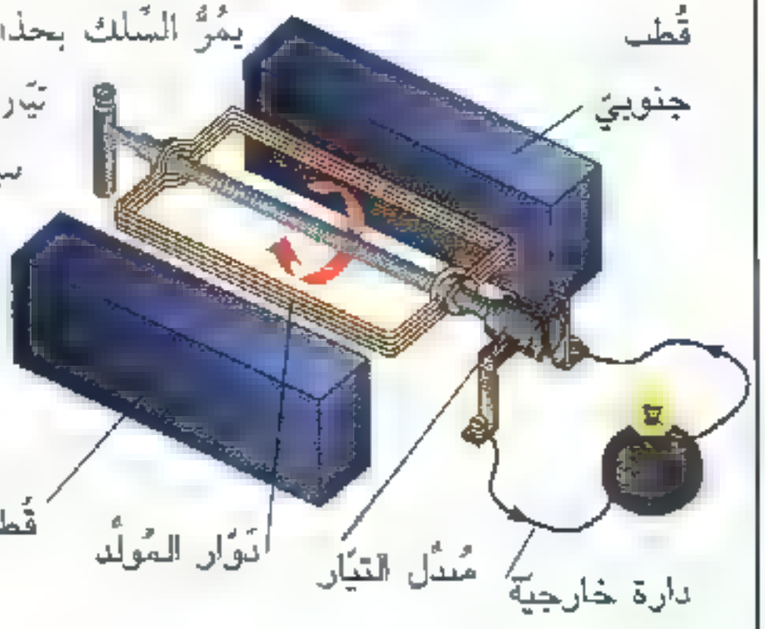
يتولَّدُ تيّارٌ في سِلكٍ موصِّلٍ، إمّا عندما يقعُ السِّلكُ في نِطاقِ حقْلٍ مِغنَطيسيٍّ، أو عندما يمُرُّ مِغنَطيسٌ بحذاءِ سِلكٍ ثابتٍ. هذه الظاهرةُ، والتي نُسمّيها الحَثَّ الكهرَمِغنيطيَّ، اكتَشَفَها في العام 1831 عالِمانِ لا صِلةَ بينهما هما الأميركيُّ جوزِف هنْري (1797-1878) والإنجليزيُّ مايكِل فارادي (1791-1867). الكهرِباءُ التي نَستعمِلُها اليومَ كلُّها تقريبًا تتولَّدُ بواسطةِ الحَثِّ الكهرَمِغنيطيِّ، عبر مولِّداتٍ ضخمةٍ تحوِّلُ الطاقةَ الميكانيكيّةَ إلى طاقةٍ كهربائيّةٍ.

المولِّدات

من المولِّدات نوعان. الدِّنَمو يولِّد تيّارًا مُباشِرًا يجري طوال الوقت في اتّجاه واحد. والمُنوِّب يولِّد تيّارًا مُتناوِبًا يغيِّر اتّجاهه بصورة مُتواصِلة. في كلا نوعَي المولِّدات، يتعرَّض التيّار الكهربائيّ الحثّ في مِلَفّ سِلكيّ دوّار عند مُرورِه في مَجال مِغنَطيسيّ. الكهرباء التي نَستعمِلُها في حياتنا اليوميّة مصدَرها المولِّدات المنوِّبة، في حين تستخدَم الدِّنَموات، أو المولِّدات المُباشِرة في عمليّات الكَهْرَلة الصناعيّة، مثل الطلْي بالكهرباء والصِّناعات الكيماويّة.

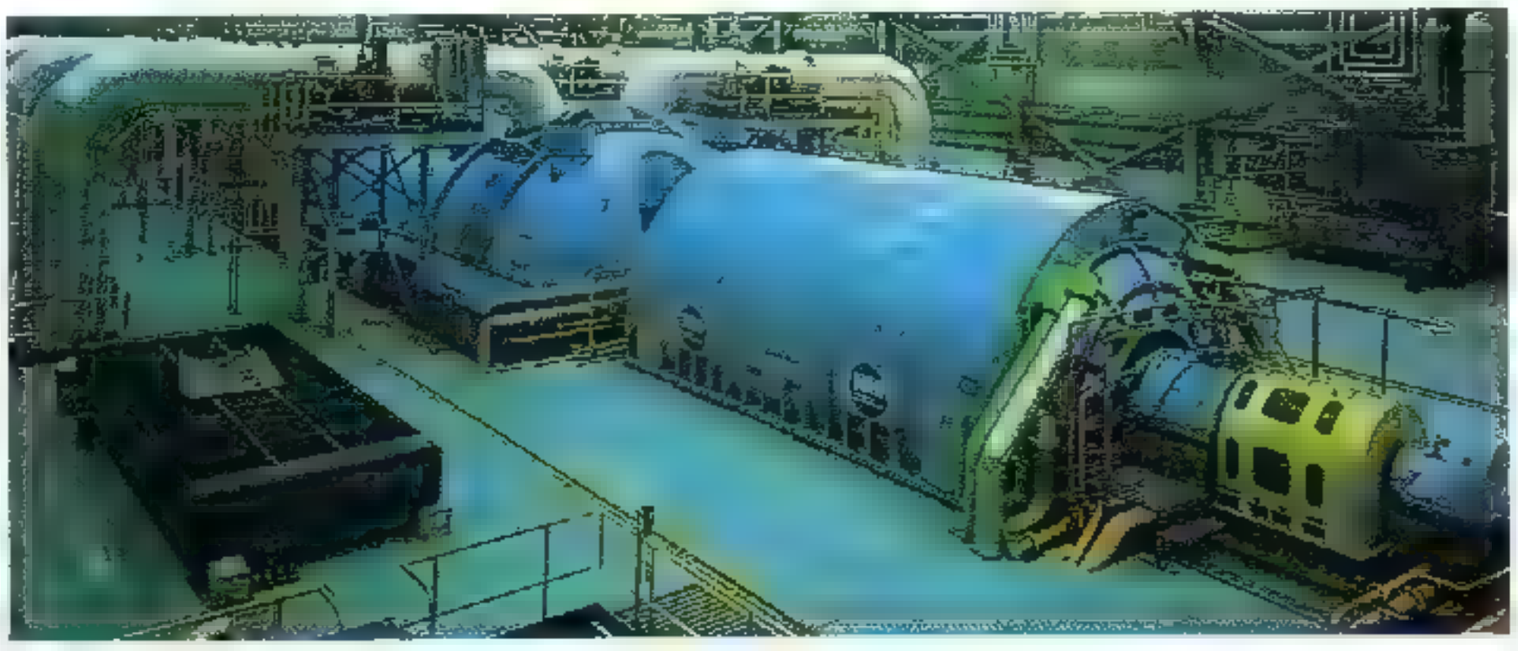
الدِّنَمو

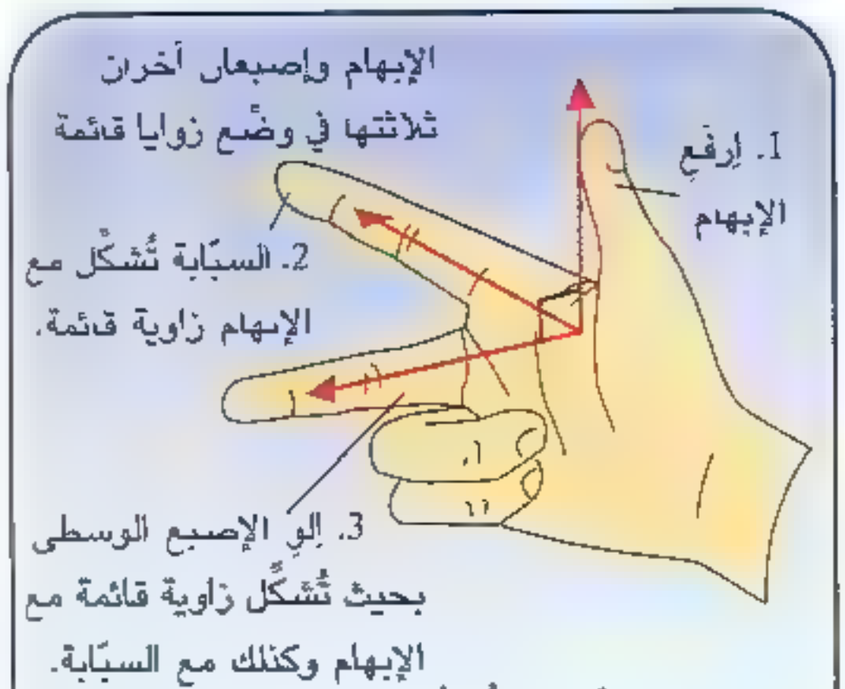
دِنَمو إذ يدورُ المِلَفّ السِّلكيّ في دِنمو، يمُرُّ جانب منه بحذاء القُطب الحنوبيّ للمِغنَطيس الدائم، حاثًّا تيّارًا أحاديّ الاتّجاه. وعندما يمُرُّ السِّلك بحذاء القُطب الحنوبيّ، يسري فيه تيّار في الإتّجاه المُعاكِس. وتكفُلُ سيطة تُسمّيها مُبدِّل التيّار، أو عاكِس التيّار، بقاء التيّار في الدارة الخارجيّة ساريًا في اتّجاه واحد فقط



المنوِّب

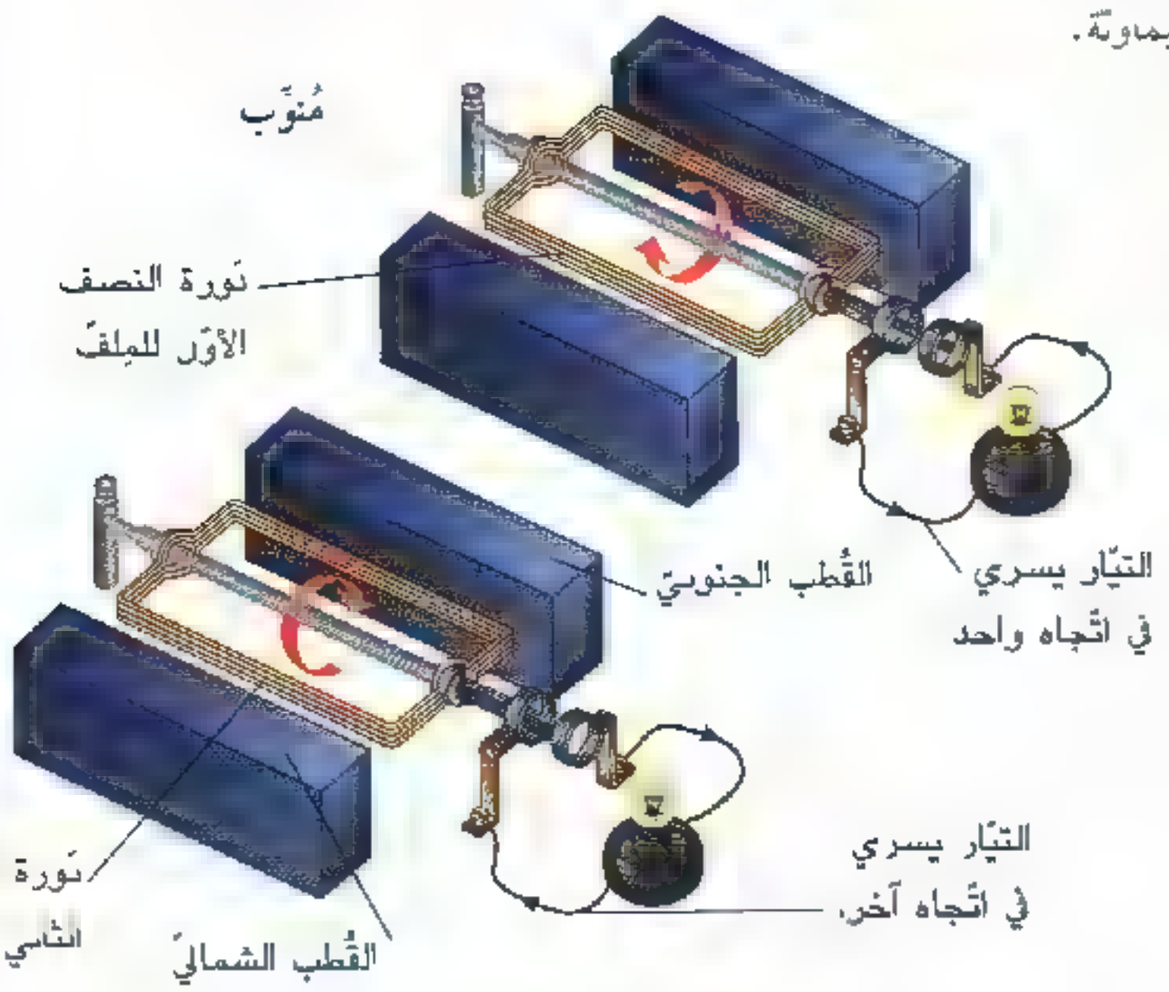
إذ يدورُ المِلَفّ السلكيّ داخل المُنوِّب، يَسري التيّار في اتّجاه واحد نصف دورة إذ يجتازُ الملفُّ أحد قطبَي المغنطيس. ثمّ يَسري عندئذٍ في الاتّجاه المعاكس للنصف الآخر من الدورة، إذ يجتاز المِلَفُّ القطب الآخر للمغنطيس. محطّات إنتاج الطاقة تولِّدُ تيّارًا مُتناوِبًا لأنّه أسهل نقلًا لمسافات طويلة.





قاعِدة اليد اليُمنى لفْلِمِنْغ

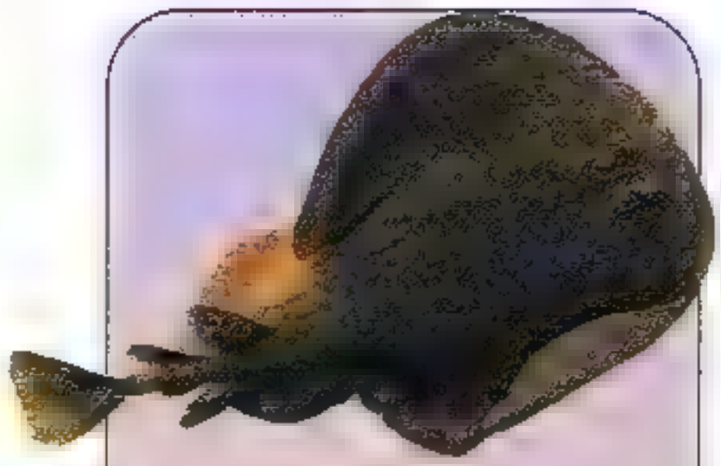
إستخدِمْ يدك اليُمنى لتُبيِّنَ سريان التيّار الكهربائيّ عندما يتحرَّك سِلك عبر مَجال مِغنَطيسيّ: الإبهام اتّجه حركة السِّلك؛ السبّابة اتّجاه المَجال المِغنَطيسيّ، الوسطى اتّجاه التيّار لدى يقعُ عليه الحثّ.



محطّات الطاقة

في داخل محطّات الطاقة مولِّدات هائلة يشغِّلها عَمود إدارة دوّار في مُحرِّك نُسمّيه توربينًا. في محطّات الطاقة العامِلة على الفحم الحجريّ أو النَّفط، يحوِّل الحُموّ المُتولِّد من الوقود المُحترق الماء إلى بُخار. ويُدوِّر ضغط البُخار عَمود الإدارة في التوربين. في محطّات الطاقة النوويّة، الحرارة التي تُحوِّل الماء إلى بُخار مصدَرها تفاعُلات نوويّة يُستخدَم فيها اليورانيوم وَقودًا. محطّات الطاقة الكهرمائيّة، يُستخدَم فيها توربينات يُشغِّلها الماء المُتدفِّق لا البُخار. ويجري توليد كمّيّات أقلّ من الكهرباء بواسطة الطاقة الشمسيّة وطاقة الرياح.

توربين ومولِّد داخل محطّة طاقة نوويّة



سمكة كهربائيّة

لبعض أنواع الأسماك، ومنها الأنقليس والشَّفنين البحريّ، خلايا عضلات خاصّة تولِّد وتختزن تيّارات كهربائيّة. وهي تُطلِق صدمات كهربائيّة قويّة لتصعَق الفَريسة أو تقتُلها، وللدفاع عن النفْس. وهي تولِّد أيضًا نبضات كهربائيّة ضعيفة تُساعِدها في التعرُّف إلى الفَريسة وللتنقُّل في مياه عَكِرة

مَورِد الكهرباء

تَنقُل الكهرباءُ من محطّات إنتاج الطاقة إلى مَنازلنا ومَصانعنا شبكةٌ من المحطّات الفرْعيّة والأسلاك المُعلّقة و لكَبْلات الأرضيّه. تحتاجُ لنقْل هده لطاقة على نحوٍ فعّال إلى قُلطيّة كهربائيّة عالية. وتحتاجُ إلى قُلطيّة مُنخفِضة عند وصول الطاقة إلى مكانها المقصود. ونحن نَستخدِم محوِّلات لزيادة القُلطيّة أو إنقاصها. للمُحوِّل مِلفّان مُستقِلّان يتشكَّل كلّ منهما من سِلك ملفوف حول قلب، أو قصيب، حديديّ. عندما يَسري تيّار مُتناوِب، وهو تيّار يتغيَّر اتّجاهه على نحوٍ دائم، في المِلفّ الرئيسيّ، فإنّه يولِّد مَجالًا مِغنطيسيًّا مُتناوِبًا هد المَجال يحُثُّ تيّارًا مُتناوِبًا في المِلفّ لثانويّ. لمُحوِّل رفْع لقُلطيّة مِلفّ ثانويّ دو دَورات تزيدُ على دَورات المِلفّ الرئيسيّ، وهو ما يزيدُ القُلطيّة إلى درجة كفية لنقْل الطاقة. أمّا مُحوِّل لخفْض فله مِلفّ ثانويّ أقلّ عدد دَورات، وهو ما يُنقص القُلطيّة إلى حدّ مُناسِب للإستخدام في المنازل ومَواضِع العمل.

مُحوِّل رفْع القُلطيّة

مُحوِّل خفْض القُلطيّة

سيّارة تجريبيّة تُشغَّل بالطاقة الشمسيّة

الطاقة الشمسيّة

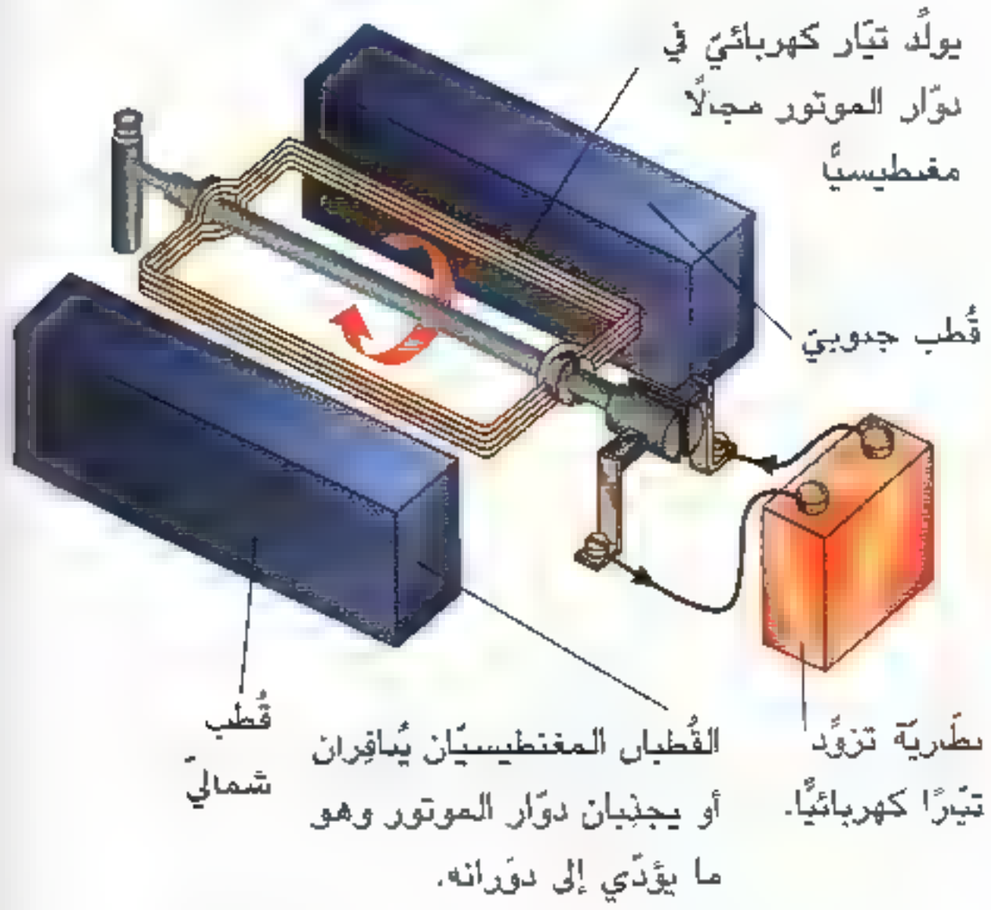
يُمكِن تَحويل أشعّة لشمس إلى كهرباء بواسطة نبيطة نُسمّيها حليّة شمسيّة. تتشكَّل الخلايا الشمسيّة من طبقتَين من السليكون. لكلّ طبقة عنصر مُختلِف يُضاف إليها ويُغيِّر في خواصّها الكهربائيّة. عندما تقعُ أشعّة الشمس على سطح خليّة شمسيّة، يتولَّد تيّاركهربائيّ عبر وصْلة بين الطبقتَين. لا تولِّد حليّة شمسيّة مُفرَدة الكثير من الطاقة، لذا يُجمَع العديد من الخلايا معًا لتشكيل لوح شمسيّ، أو عارِضة شمسيّة. تُستخدَم الألواح الشمسيّة لتَشغيل أجهِزة إلكترونيّة في السَّواتِل والعربات الفضائيّة. وهي تُستخدَم أيضًا في تَوليد الكهرباء للمنازل وفي السيّارات التجريبيّة.

جناح يُشغَّل بالطاقة الشمسيّة

بُنِيَ الجناح الطائر المُسَمّى هِليوس كجُزء من مشروع أبحاث قامَت به وَكالة ناسا الأميركيّة. بسْطة الجناح 75 م، وهو يكون بذلك أطوَل من بسْطة جناح طائرة الركّاب بوينْغ 747. تُشغَّل طائرة هِليوس بواسطة التحكُّم البُعديّ.

صنْع الموتورات

اكتُشِفَت العلاقةُ بين الكهرباءِ والمِغنَطيسيّةِ عندما تَحرّكَت إبرةٌ بوصَلةٍ دائرةً إذ قُرِّبت البوصَلةُ من سِلكٍ يحملُ تيّارًا كهربائيًّا (ص 138). في العام 1821، أي بعد عامٍ من هذه التجربة، صَنَعَ العالِمُ البريطانيُّ مايكِل فرادي أوّلَ موتورٍ كهربائيٍّ، ويتشكّلُ من ملفٍّ سِلكيٍّ يسري فيه تيّارٌ ويدورُ حول مِغنَطيسٍ ثابتٍ. الموتورُ الكهربائيُّ هو عكس المولِّدِ الكهربائيِّ. في المولِّدِ، تُستخدَمُ الحركةُ لتوليدِ كهرباء، أمّا في الموتورِ فتُستخدَمُ الكهرباءُ لتَوليدِ حركةٍ.



الموتورات الكهربائيّة

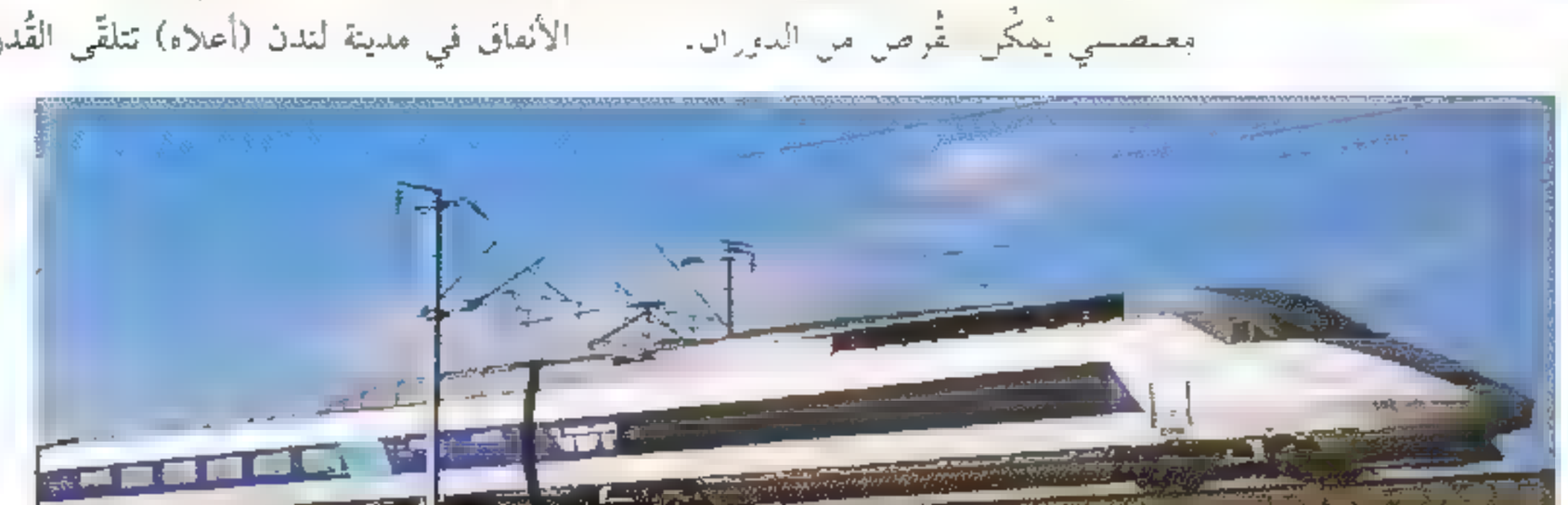
عندما يُدار الموتور الكهربائيّ، يسري تيّار في ملفّ سِلكيّ تُسمّيه دوّار الموتور، وهو يقعُ بين قُطبي مِغنطيس دائم (أعلاه). يولّد التيّار في الدوّار محلًا مغنطيسيًّا يكون فيه قُطبا الدوّار مُقابِلين لقُطبَين مُماثِلَين في المِغنطيس، وهذا يؤدّي إلى تنافُر مِغنطيسيّ يدفع الدوّار مُديرًا إيّاه. وإذ يدورُ الدوّار، يتقرّب قُطباه من قُطبَي المِغنطيس، وهذا يؤدّي إلى تجاذُب مِغنطيسيّ. عندئذٍ يعكس تيّار، ويحدُث تبادُل بين قُطبَي الدوّار. نتيجةً لذلك، يُبادِر المِغنطيسُ الدوّار مُحدِّدًا ويدفعه مُديرًا إيّاه وتكتمل الدورة. وما دامَ التيّار الكهربائيّ ساريًا، يظلُّ الدوّار يدورُ بين قُطبَي المِغنطيس مولِّدًا حركة. تتراوَح الموتورات الكهربائيّة بين الصغيرة نسبيًّا، مثل الأدوات المنزليّة والتي منها مثلًا مُجفِّفة الشعر، والضخمة جدًّا، مثل الموتورات التي تُشغِّل القِطارات الكهربائيّة.

القِطارات الكهربائيّة

معظم القطِرات التي تُستخدَم في جرِّ عربات لقطار تُشغِّلها موتورات كهربائيّة. يتلقّى القِطار الكهربائيّ التيّار اللازم لتشغيل الموتور إمّا من كبْل مُعلَّق أو من خطّ حديديّ ثالث يُلازِم السكّة. يلزم القاطِرة تَماسٌ من تلقّي التيّار من الكبْل المعلّق وُصلة فولاذيّة مرنة تُثبَّت على سقفها. يستخدِم هذه الوسيلة لعديد من العربات العامة داخل المُدُن. وتحتاجُ القاطِرة لتلقّي القُدرة من خطّ ثالث على السكّة إلى صفائح معدنيّة تُسمّى بعالًا تُثبَّت في جانبها الأسفل وتتماسّ مع خطّ السكّة المُكهرَب. كثيرًا ما تستخدِم شركات السِّكك الحديديّة المحلّيّة هذا النظام. قِطارات الأنفاق في مدينة لندن (أعلاه) تتلقّى القُدرة من خطّ ثالث على السكّة.

مُشغِّل الأقراص

هذا الموتور الكهربائيّ هو من مُشغِّل لأقراص المرنة في الكومبيوتر. يُمرِّر تيّار كهربائيّ في ملفّ كهربائيّ صغيرة على قُرص دوّار وهو ما يؤدّي إلى توليد مجال مغنطيسيّ يُمكِّن القُرص من الدوران.

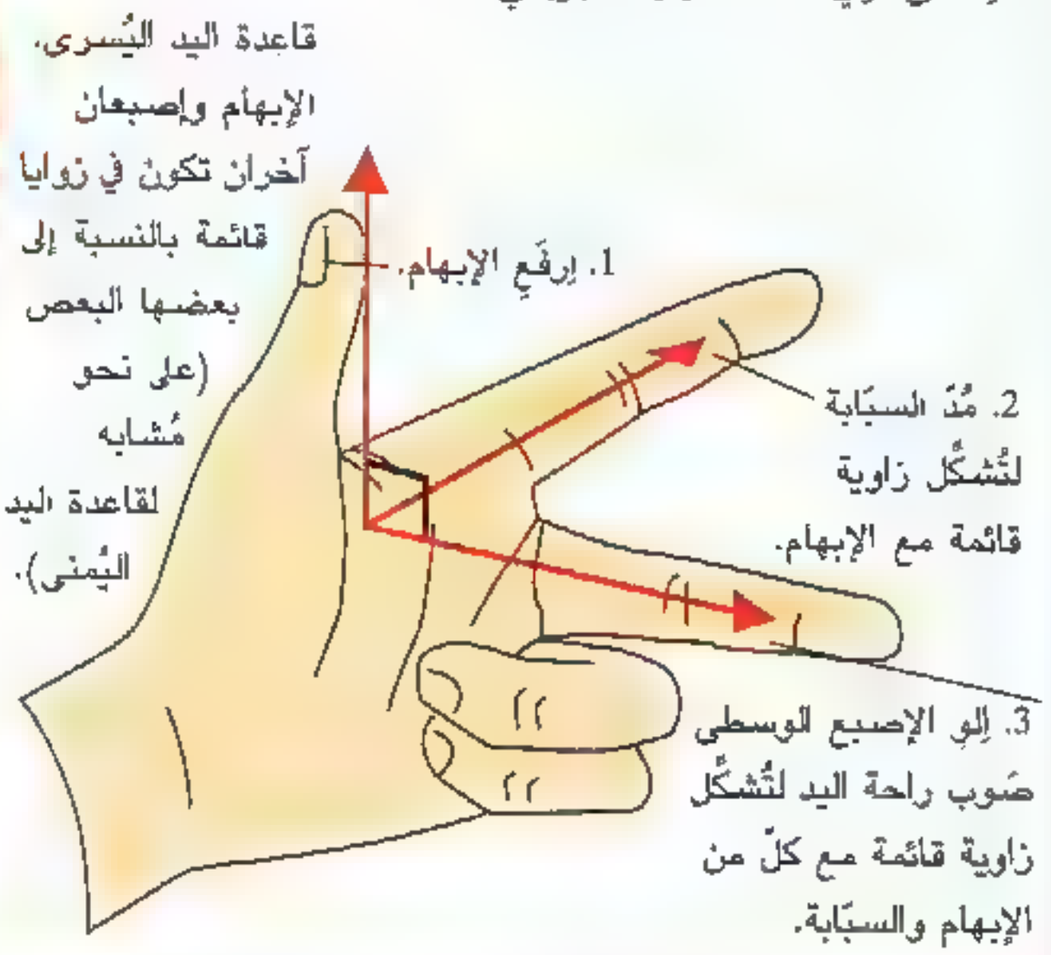


القِطار السريع

تولِّد الموتورات الضخمة المُستخدَمة في القِطارات الكهربائيّة قُدرة ضخمة وهو ما يُمكِّن القِطارات من السّير الفائق السرعة. من أسرَع القِطارات القِطار السريع في فرنسا (إلى اليمين)، والذي تصِل سرعته إلى ما يزيدُ على 300 كم/سا. يتلقّى القِطار الفرنسيّ السريع القُدرة من كَبْلات مُعلَّقة. ويُساعِده شكله الإنسابيّ في تقليل مُقاوَمة الهواء وهو ما يُسهِّل انطلاقه بسرعة.

قاعدة اليد اليُسرى لفْلِمنْغ

إمسِك يدك اليُسرى كما ترى لتُشير إلى الإتّجاه الذي يتحرّك فيه سِلك يحمِل تيّارًا عبر مَجال مِغنَطيسيّ. يُري الإبهام الإتّجاه الذي يتحرّك فيه السلك؛ السبّابة تُري اتّجاه المَجال المِغنَطيسيّ؛ الإصبع الوسطى تُري اتّجاه التيّار الكهربائيّ.



السيّارات الكهربائيّة

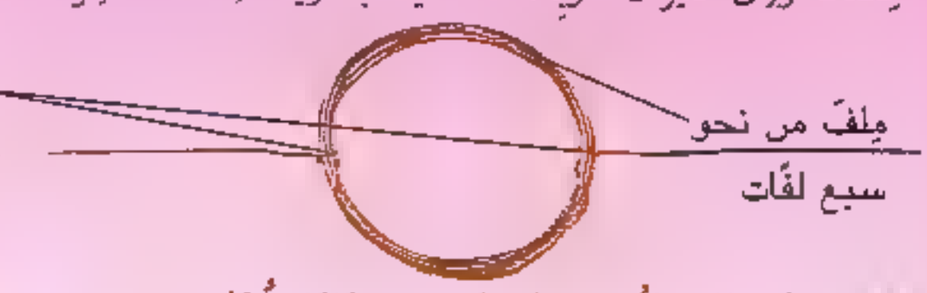
مع أنّ السيّارات التي تعمَل بالطاقة الكهربائيّة غير شائعة، فإن تسيير السيّارات بهذا النوع من القُدرة أمر مُمكن. في معظم أنواع السيّارات الكهربائيّة، تُوَدّ مقرنة قديمة لإعادة شحْن تيّارًا كهربائيًّا تشغيل الموتور. العديد من أنواع السيّارات الكهربائيّة غير سريعة، وتحتاج بطّاريّاتها إلى إعادة شحْن مرارًا وتكرارًا. ومع أنّ السيّارات الكهربائيّة لا تُلوّث الجوّ، فإنّه يلزم إعادة شحْن بطّاريّاتها باستخدام الكهرباء الصادرة عن محطّات إنتاج الطاقة، وهذه تتسبّب بالتلوّث. من السيّارات الكهربائيّة نوع أفضل هو المعروف باسم هايبْرد (أعلاه) يُستخدم فيه الكهرباء ومصدر آخر للطاقة. وفي هذا النّظام يُعاد شحْن البطّاريّة حُرّيًّا عند استخدام المكبح

تَعال نُجرِّب

صنْع موتور

إصنَعْ موتورك الكهربائيّ الخاصّ. لن يكون موتورك قويًّا لكنّه سيعمَل بالطريقة نفسها التي تعمَل بها الموتورات الكبيرة، وسيدور دوّاره، وهو الجزء المُتحرّك من الموتور، بسرعة. تناول البطّاريّات بانتباه واتّبِع دائمًا الإرشادات.

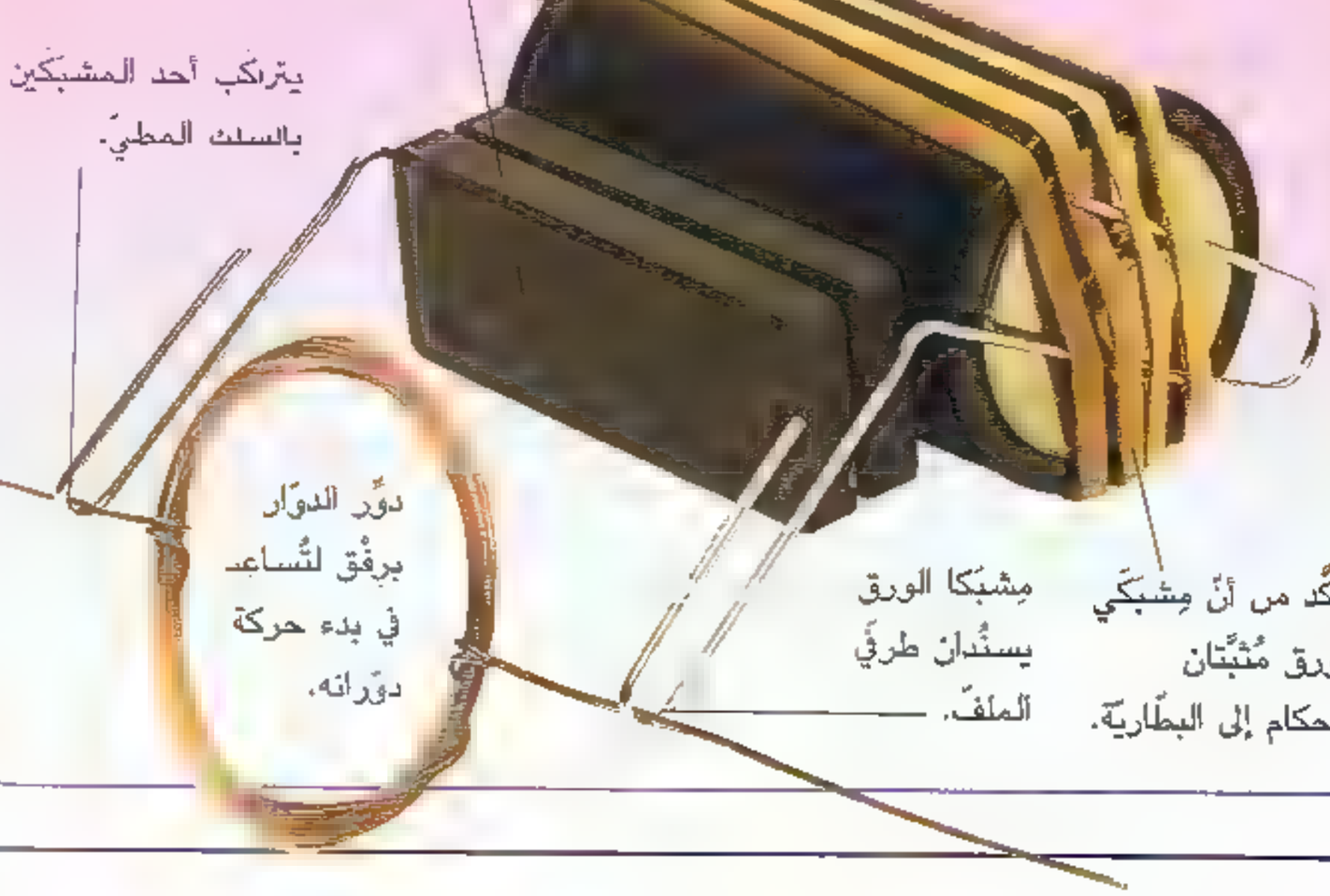
اللوازم: رشيد مُشرف؛ سِلك نُحاسيّ طوله نحو متر واحد؛ أنبوب كرتونيّ؛ مِشبك ورق كبير؛ أربطة مطّاطيّة؛ بطّاريّة 1,5 فلْط؛ غِراء.



1 إستخدِمْ سِلك النُّحاس لتصنَع منه دوّارًا. اترُك نحو 6 سم سائبًا في كلّ طرف، ولُفّ السلك حول أُسوب كَرتونيّ. سيَدور السلك نحو سبع مرّات، وليكُن طرفا السلك في جانبَين مُتقابِلين من الملفّ (أعلاه). أزلِقِ الملفّ لتُحرِجه عن الأُسوب ثمّ لُفّ طَرَفَي السلك حول جانبَي الملفّ لتثبيته.

2 إطلِ النصف الأعلى من أحد طرفَي السِّلك مُستخدِمًا طِلاء أكريليكيًّا. إنتظِرْ إلى أن يجِفّ الطلاء. الطلاء هو عازِل كهربائيّ، لذا عندما يعمَل الموتور، تنقطع الدارة الكهربائيّة مع كلّ نصف دورة.

إطلِ أعلى طرف السلك.



3 إلوِ مِشبكَين كبيرين عند وسطهما (أعلاه). يعمل هذان كسنَد للدوّار. لُفّ أربطة مطّاطيّة كبيرة حول البطّاريّة. علّقْ مِشبكًا إلى كلّ من طرفَي البطّاريّة، مُستخدِمًا أربطة مطّاطيّة لتثبيت المِشبكَين في موضعهما (أدناه).

4 عَرِّ المِغنَطيس القضيبيّ إلى حدّ لمَسه. علّقْ طرفَي الملفّ على مِشبكَي الورق الكُلّابيّين ودوِّر. إذا لم يعمَل موتورك أوّل الأمر، قرِّب الملفّ النُّحاسيّ من المِغنَطيس أو ضَعْه قرب مِغنَطيس أقوى.

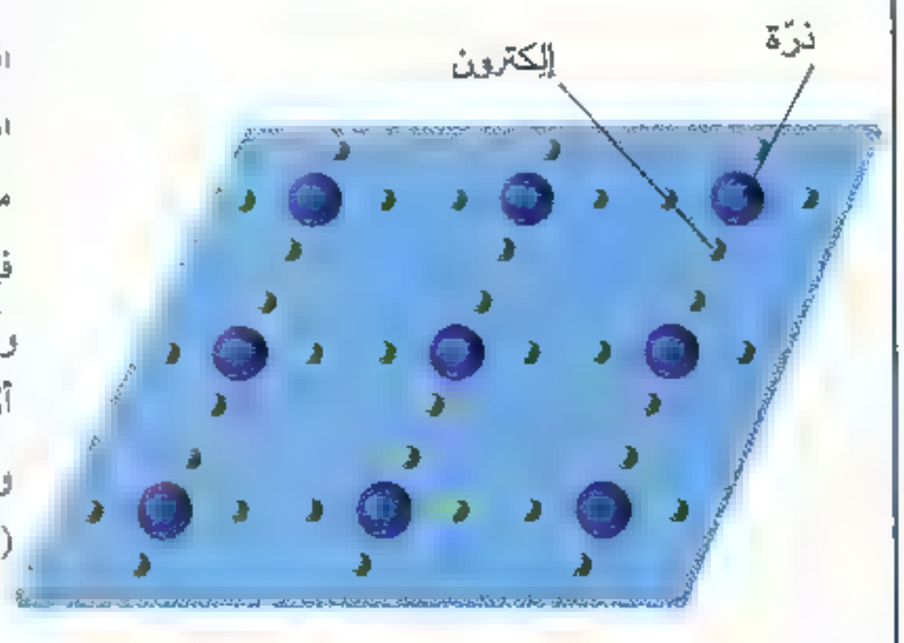
الإلِكترونات والرقائق

«الأدمِغةُ» التي تَقِفُ وراءَ أجهِزةِ الكومبيوترِ، وألعابِ الڤيديو، والتلفوناتِ النقّالةِ، والروبوتات هي رُقاقاتٌ بِلّوريّةٌ لا يزيدُ حجمُها على حجمِ ظُفْرٍ. وهي تحتوي على مُكوِّناتٍ دقيقةٍ ودارات تتحكَّمُ وتُعالِجُ سرَيانَ الإلِكتروناتِ. تُعرَفُ دراسةُ سرَيانِ الكهرباءِ في البِلّوراتِ، وفي الغازاتِ أو في الخواءِ، بعِلْمِ الإلِكترونيّاتِ. تُصنَعُ الرقائقُ، أو الشرائحُ، البِلّوريّةُ، وهي التي أَحدَثَت في السنواتِ الأخيرةِ ثورةً في الإلكترونيّاتِ، من موادَّ نُسمّيها شبه موصِّلةٍ، أو شبهَ فِلِزّيّةٍ (ص 46-47)، وهي موادُّ ضعيفةُ التَّوصيلِ للكهرباءِ.

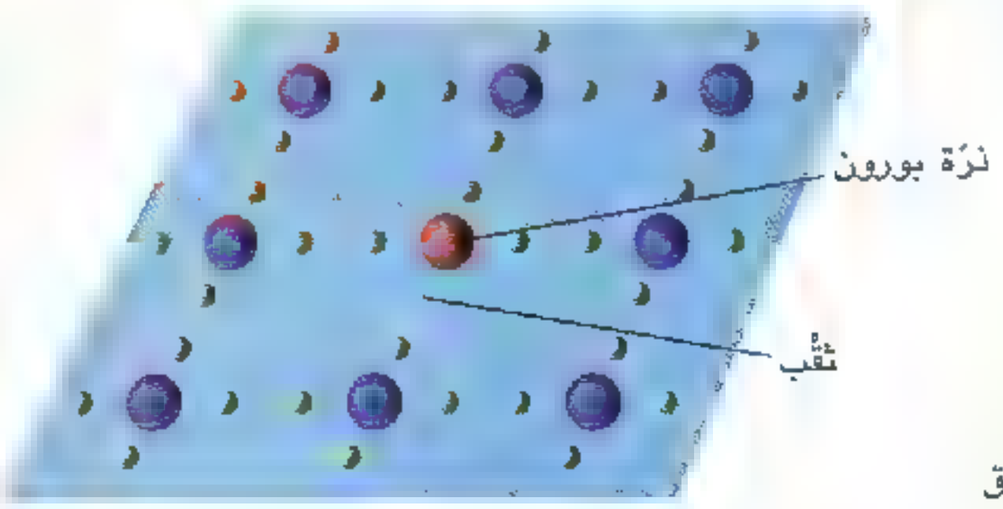
رقائق ذكيّة

الدايودات، أو الصِّمامات الثُّنائيّة، والترانزستورات من أكثر المُكوِّنات المُستخدَمة في الدارات الإلكترونيّة تعدُّدَ استعمال. كلاهما نبيطة بِلّوريّة، مصنوعة من مادّة شبه موصِّلة. للدايودات طرفا توصيل وهي تُمرِّر التيّار الكهربائيّ في اتّجاه واحد فقط. بعضُ الدايودات تبعَث ضوءًا، وتُستخدَم في الحاسِبات والساعات الإلِكترونيّة.

أمّا الترانزستورات فلها ثلاثة أطراف توصيل – قاعده ودعث وجامع. يُمكِن استخدام الترانزستورات كمِفتاح وصْل وقطْع (كما في التجربة المقابله)، أو في تقوية التيّارات الصعيفة.



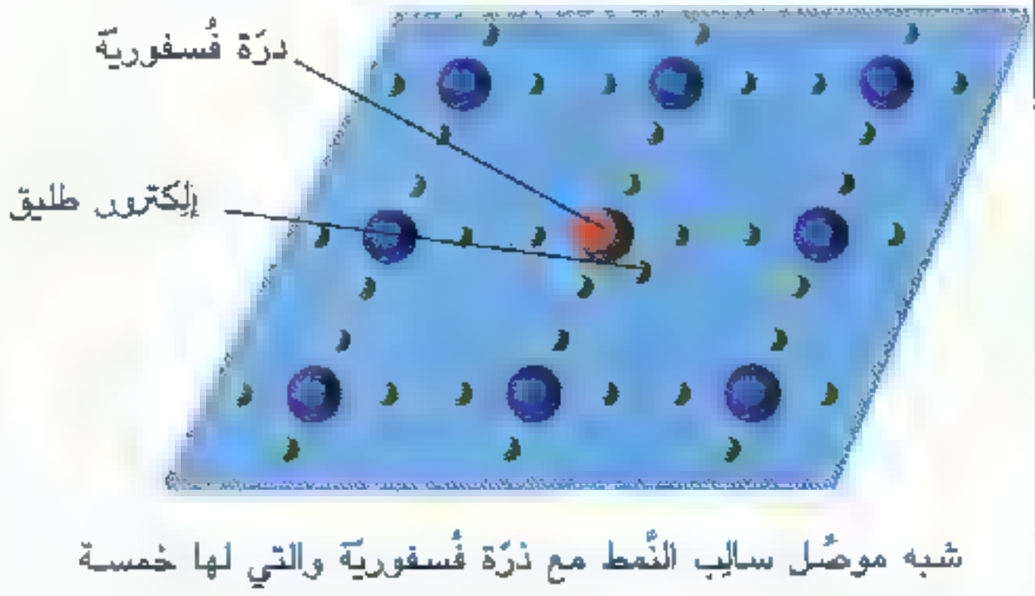
للذرّات في السليكون النقيّ أربعة إلكترونات سالِبة الشَّحنة، في غِلافها الخارجيّ. والذرّات في مُحملها غير مشحونة بالكهرباء.



شبه موصِّل موجب النمط مع ذرّة بورون والتي لها ثلاثة إلكترونات خارجيّة فقط. عندما يحُلُّ البورون محلّ ذرّة السليكون، ينقُص إلكترون واحد، وهو ما يولِّد ثَقْبًا موجبًا

كيف تعمَل أشباه الموصِّلات

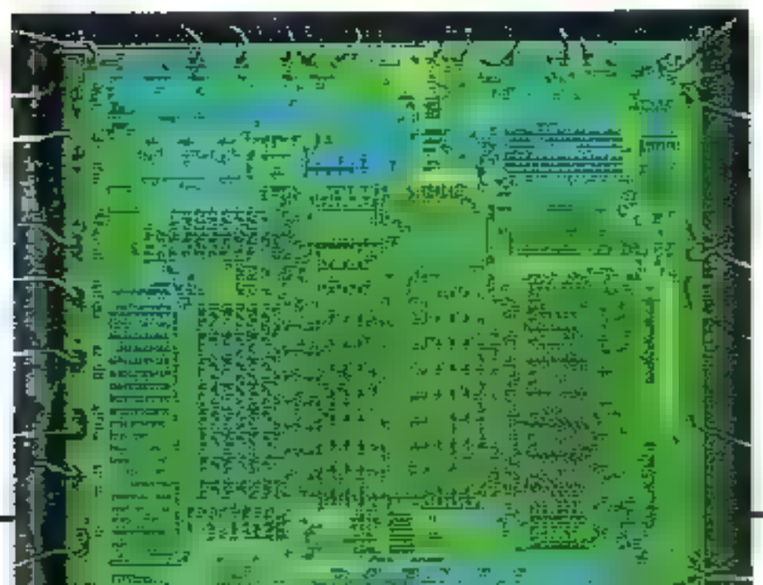
إنّ عناصر مثل السليكون والجرمانيوم تُصبح شبه موصِّلة عندما يُضاف إليها مِقدار ضئيل من شوائب مُعيَّنة. إنّ إضافة مِقدار ضئيل من البورون إلى السليكون يُنتِج مادّة ذات ثُقوب موجبة الشّحنة. وفي الظروف الملائمة، تتحرّك هذه الثُّقوب مُسفِّلة وهو ما يسمَح بسرَيان التيّار. هذا النوع من شبه الموصِّل يُسمّى موجب النمط. وإنّ إضافة الفُسفور أو الزِّرنيخ إلى السليكون يولِّد إلِكترونات إضافيّة، يُمكِن أن تَسري لتشكيل تيّار. وهذا النوع من شبه الموصِّل يُسمّى سالِب النمط.



شبه موصِّل سالِب النَّمط مع ذرّة فُسفوريّة والتي لها خمسة إلكترونات خارجيّة. هذا يُعطي المادّة إلكترونًا إضافيًّا وشِحنة سالِبة.

دارات مُتكاملة

كانت الدارات الإلكترونيّة في ما مضى تُصنَع من مُكوِّنات مُنفصِلة، مثل الترانزستورات والمُكثِّفات، مُتّصِلة بعضها بأسلاك. الآن، لمعظم النبائط الإلِكترونيّة دارات مُتكامِلة دقيقة على رُقاقة مُفرَدة من مادّة شبه موصِّلة. تتشكَّل رُقاقات السليكون المُستخدَمة في الكومبيوترات الشخصيّة الحديثة من دارات مُتكامِلة تحتوي على بلايين المُكوِّنات. الرُّقاقات المُفرَدة تحتوي على كلّ الدارات التي تُجري العمليّات في الكومبيوتر (إلى اليسار)، وكثيرًا ما تُسمّى مُعالِجة صُغرية أو رقائق صُغريّة.

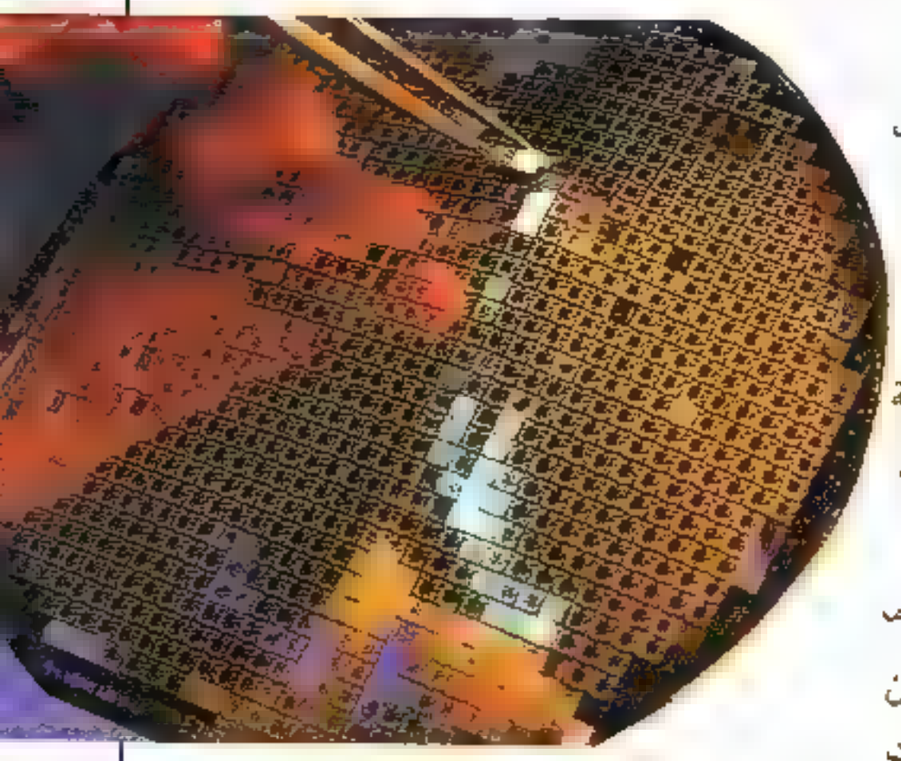


الإختراع الحاسِم

في العام 1947، اخترَعَ فريق من العُلماء الأميركيّين في مُختبَرات بِل في وِلاية نيوجرسي، الولايات المتّحدة الأميركيّة، واحدًا من الاختراعات الحاسِمة في القرن العشرين. فقد طَوَّرَ لترانزستور ثلاثة من العُلماء هم وليم شوكْلي وجون باردين ووالتر براتين. ببيطتهم الجديدة كانت أصغر بكثير وأمتَن وأقلّ استهلاكًا للكهرباء من الصّمامات لحوائيّة التي حَلّت محلّها في الدارات الإلكترونيّة. في العام 1956، حازَ الثلاثة مُجتمعين على جائزة نوبل في الفيزياء.

صنْع الرُّقاقات

يُنتَج من رُقاقات السليكون المئات في المرّة الواحدة على شريحة دائريّة من بِلّور السليكون النقيّ. وتُبنى الدارات والمُكوِّنات المختلفة (مثل الترانزستورات والمُكثّفات) في سلسلة من الطبقات. تُصنَع كلّ طبقة بإشراب أجزاء مُعيَّنة من السليكون بعناصر مختلفة، مثل البورون والفُسفور. عندما تكتمِل الطبقات كلّها، تُضاف طبقة من الذهب أو الألومنيوم لتشكيل وصلات بين مُختلف المُكوِّنات. ثمّ تُفحَص الرُّقاقات بمَسبار ويُعلَّم منها ما فيه خطأ.



الرُّقاقات التي فيها خطأ تُنتزَع من شريحة السليكون.

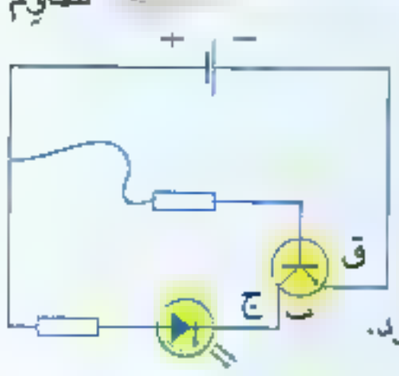
تَعال نُجرِّب

صنْع مِفتاح قطْع ووصْل ترانزستوريّ

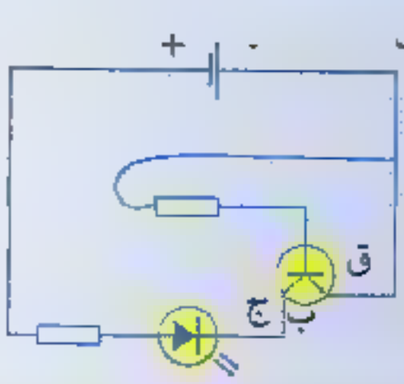
بإمكانِك أن تستعمِل ترانزستورًا ليكون مِفتاحًا لتُضيء دايودًا باعِثًا للضوء أو لتُطفئه. تفعَل ذلك بتَغيير الوصلات إلى طرف توصيل قاعدة الترانزستور. تناوَلِ البطّاريّات بانتباه واتّبِعِ الإرشادات دائمًا. **اللوازم:** راشِد مُشرِف؛ ترانزستور سالِب - موجِب - سالِب النمط (BC 108)؛ دايود باعِث للضوء؛ مُقاوِم كهربائيّ 220 أوم وآخر 10 000 أوم؛ وحدة بطّاريّتَين (2 × 1,5 فلط)؛ سِلكا توصيل بمِشبَك في كلّ من الطرفين؛ سِلك مُغلَّف بعازِل؛ مسامير قصيرة؛ عُرى (عُيَينات)؛ أسلاك قصيرة؛ لوحان من خشب؛ عدّة لِحام؛ مِطرَقة.

1 صِلْ وحدة البطّاريّتَين بلوح خشبيّ وصِل سِلكَي توصيل بمَربَطَي الوحدة. صِلِ الطرف السائب لكلّ من السلكَين بعُروة. اِسأل راشِدًا أن يدُقّ مسامير في اللّوح الخشبيّ الآخر كما ترى أدناه. صِلِ الدارة كما ترى في الصورة التي إلى اليسار، لافًا أسلاك توصيل المُكوِّنات حول المسامير. تأكّد أنّ مرابط الترانزستور - القاعدة والباعِث والجامِع - ملفوفة بالإتّجاه الصحيح.

2 اِسأل راشِدًا أن يلحُم أسلاك التّوصيل إلى المسامير وتأكّدْ من ثباتها. قرّبْ طرف السلك المُغلَّف بعازِل (السلك السائب) ليَمَسّ المِسمار الأوسط على الجانب السالِب من الدارة، فلا يُضيء الدايود. قرّبْه ليَمَسّ المِسمار الأوسط على الجانب الموجب، فيُضيء الدايود.



القاعدة (ق) والجامِع (ج) كلاهما مُتّصِل بالمَربَط الموجب. يصِل المِفتاح الدارةَ ويسري التيّار في الدايود فيُضيء.



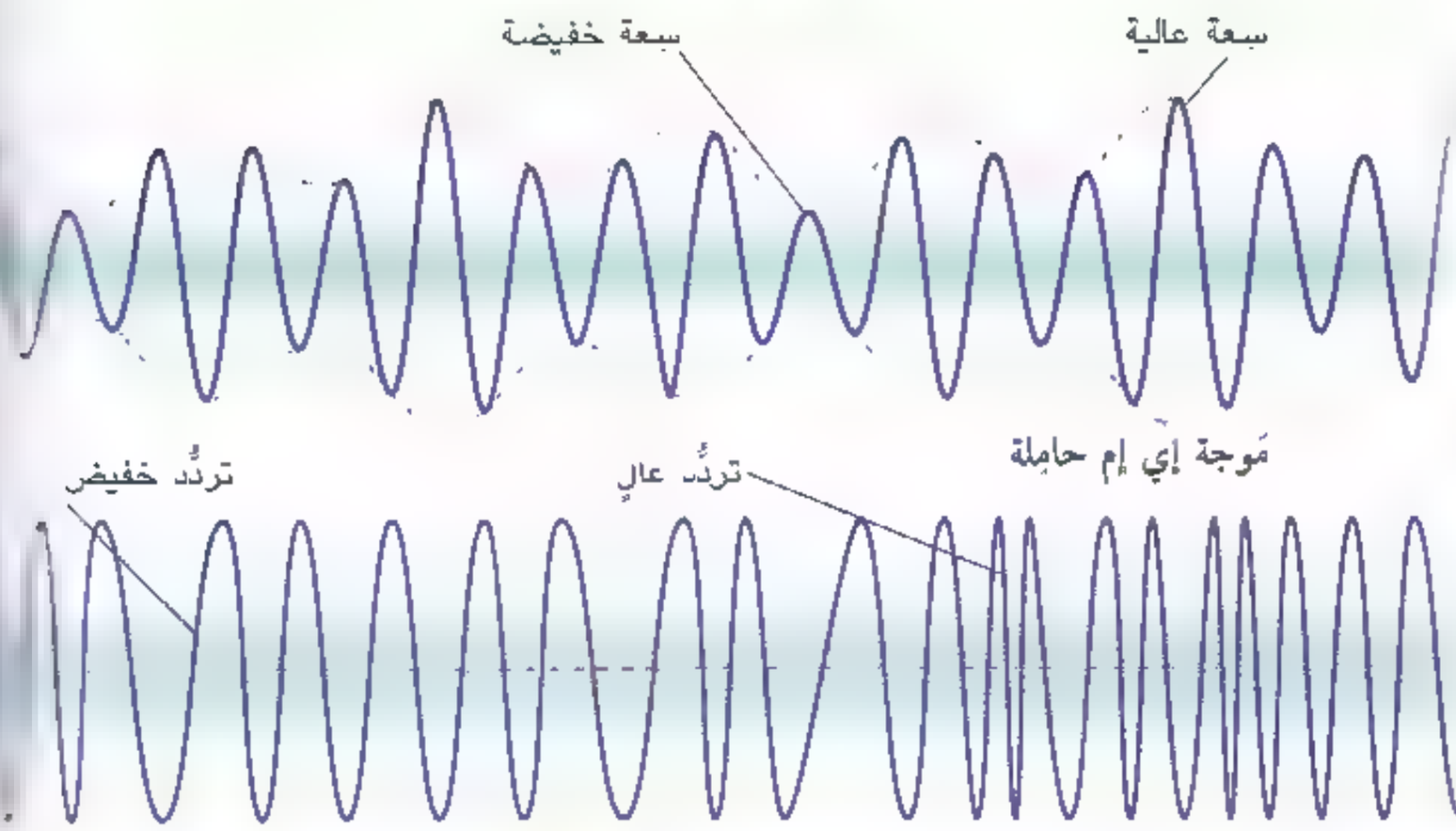
القاعدة (ق) مُتّصِلة بالمَربَط السالِب، الجامِع (ج) مُتّصل بالمَربَط الموجب. لا يُضيء الدايود.

الراديو

تَتطايَرُ من حولِنا بسرعةِ الضوءِ مَوجاتٌ غيرُ مرئيّةٍ تحمِلُ أصواتًا وموسيقى ورسائل وصوَرًا، بل وإشاراتٍ من الفضاءِ الخارجيِّ. تلك هي مَوجاتٌ راديويّةٌ والتي هي أساسُ معظمِ أنظِمةِ الإتّصالاتِ الحديثةِ. نلتقِطُ المَوجاتِ الراديويّةَ بضبْطِ الداراتِ الإلكترونيّةِ في أجهِزةِ الراديو والتلفزيونِ والتلفوناتِ النقّالةِ. لكن ما هي حقيقةُ المَوجاتِ الراديويّةِ؟ إنّها اهتزازاتٌ كهربائيّةٌ ومِغنَطيسيّةٌ دقيقةٌ في الفضاءِ. هذه المَوجاتُ الكهرَمِغنَطيسيّةُ هي من عائلةِ المَوجاتِ الضوئيّةِ نفسِها لكنّها أكثرُ طولًا، وقد يصِلُ طولُ المَوجةِ الواحدةِ بضعةَ كيلومتراتٍ.

مَوجات حامِلة

كيف تَنتقِل الأصوات عبر الهواء بواسطة مَوجات الراديو؟ أوّلًا، تُحوَّل عن طريق ميكروفون إلى إشارات كهربائيّة. ثمّ تقوم الإشارات بتغيير مَوجات راديويّة تُسمّى مَوجات حامِلة حسب نسق مُعيَّن. هذه العمليّة تُسمّيها بصمتًا، أو ضمنًا، في تصميم سِعة المَوجة (إي إم/ AM) تُغيِّر الإشاراتُ الصوتيّة سِعة المَوجة الحامِلة – أي الكمّيّة التي تهتزُّ بها طُلوعًا ونُزولًا. في تصميم التردُّد (إف إم/ FM) تُغيِّر الإشارات الصوتيّة تردُّد المَوجة الحامِلة – أي عدد الاهتزازات التي تجتازُ نُقطة مُعيَّنة في الثانية الواحدة. يتعرَّض الإرسال بواسطة مَوجات الـ إف إم إلى تداخُل أقلّ ممّا تتعرَّض له مَوجات الـ إي إم.



تلفونات نقّالة

بإمكان الناس باستخدام التلفون النقّال أن يتّصلوا على اتّصال بعضهم ببعض عن طريق الصوت والرسائل المُسجّلة والرسائل الإلكترونيّة أينما كانوا ومهما بعُدت بينهم المسافات. تعمل التلفونات النقّالة بواسطة المَوجات الراديويّة. تُرسل إشارات إلى هوائيّ يبعُد بضعة كيلومترات وتُغطّي مساحة صغيرة تُسمّى خليّة. الإشارات التي يتلقّاها الهوائيّ يُحوّلها الكومبيوتر إلى رقم كَبْل برّيّ أو إلى تلفون نقّال آخر بواسطة هوائيّ يكون ذلك الرقم ضِمن مَحاله.

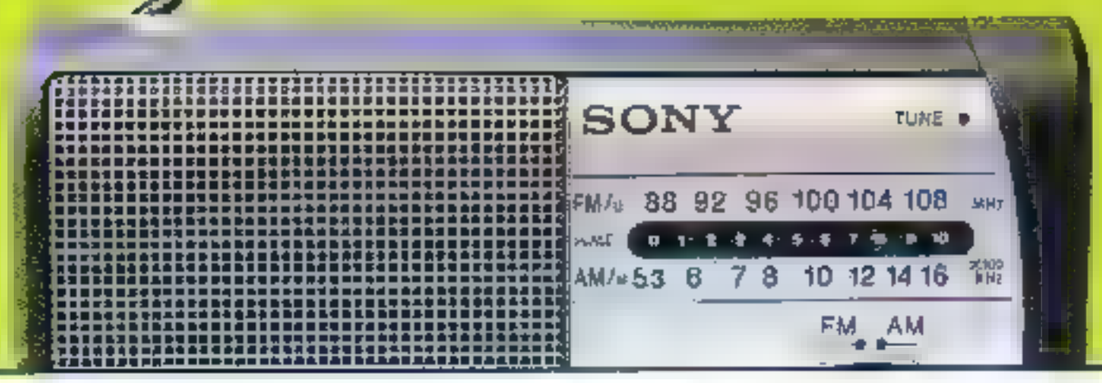
تَعال نُجرِّب

صنْع مَوجات راديويّة

معظم النبائط الكهربائيّة تبُثُّ مَوجات راديويّة من نوع ما عندما نُشغّلها أو نوقِفُها. فالإندفاع المُفاجئ للتيّار عبر الدارات أو التصريف المُفاجئ يُحدِث اهتزازًا في الخواصّ الكهربائيّة والمِغنَطيسيّة في الجوّ المُحيط. **اللوازم:** راديو له نطاق إي إم؛ مِصباح يدويّ.

1 شغِّل الراديو واحتَرْ نطاق، أو محطّة، إي إم. قرِّب المِصباح من هوائيّ الراديو وشغِّل الراديو ثمّ أطفئه، فتسمَع صوت تكتكة.

2 اُضبُط الراديو على محطّة إي إم أخرى، وكرِّر التجربة. هل تكون التكتكة أخفض أو أعلى؟ ما الصوت الذي تسمَعه عندما تُقرِّب الراديو من جهاز تلفزيون؟



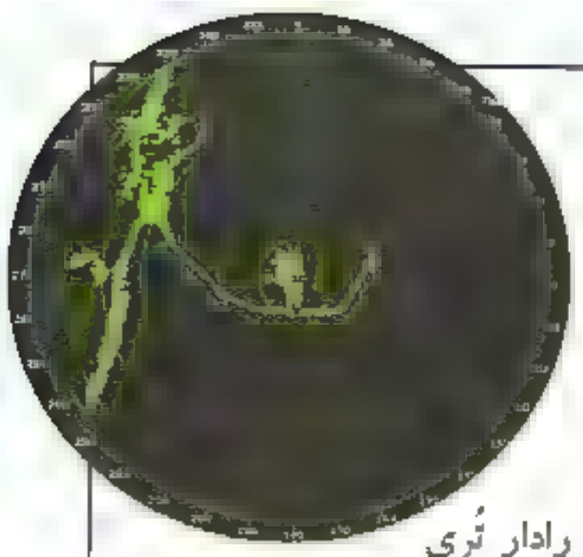
ماركوني واللاسلكيّ

ما قام به الفيزيائيّ الألمانيّ هنريخ هيرتز في العام 1887 من اكتشاف للموجات الراديويّة أثار اهتمام شاب إيطاليّ هو غيلْيلْمو ماركوني. رأى ماركوني أنّ هذه الموجات يُمكن أن تُستخدم أيضًا لحمْل إشارات. وفي العام 1896، تمكّن من إرسال رسائل بشَفرة المورس إلى مسافة عدّة كيلومترات مُستخدِمًا دفّقات، أو نبضات، من موجات راديويّة. في تلك السنة سَجّلَ اختراعه للتلغراف اللاسلكيّ. وفي العام 1899، قامَ ماركوني بإرسال أوّل رسالة لاسلكيّة عبر القنال الإنجليزيّ.

غيلْيلْمو ماركوني (1874-1937)

مَوجات الرادار

تَستخدِمُ الطائرات والسفُن لمَوجات الراديويّة، ليس في الإتّصالات فحسب، بل وفي الملاحة أيضًا. تستخدِم الرادار لتستكشف حركة المُرور حولها. شُكّ لرادار نبضات من الموجات الراديويّة ويلتقط أيّ أصداء تعكسها الموجات المُرتدّة عن أجسام قريبة. هذه الأصداء تظهر على شاشة. والوقت الذي تستغرقه الأصداء في الإرتداد عن الجسم يُحدّد المسافة الفاصلة.

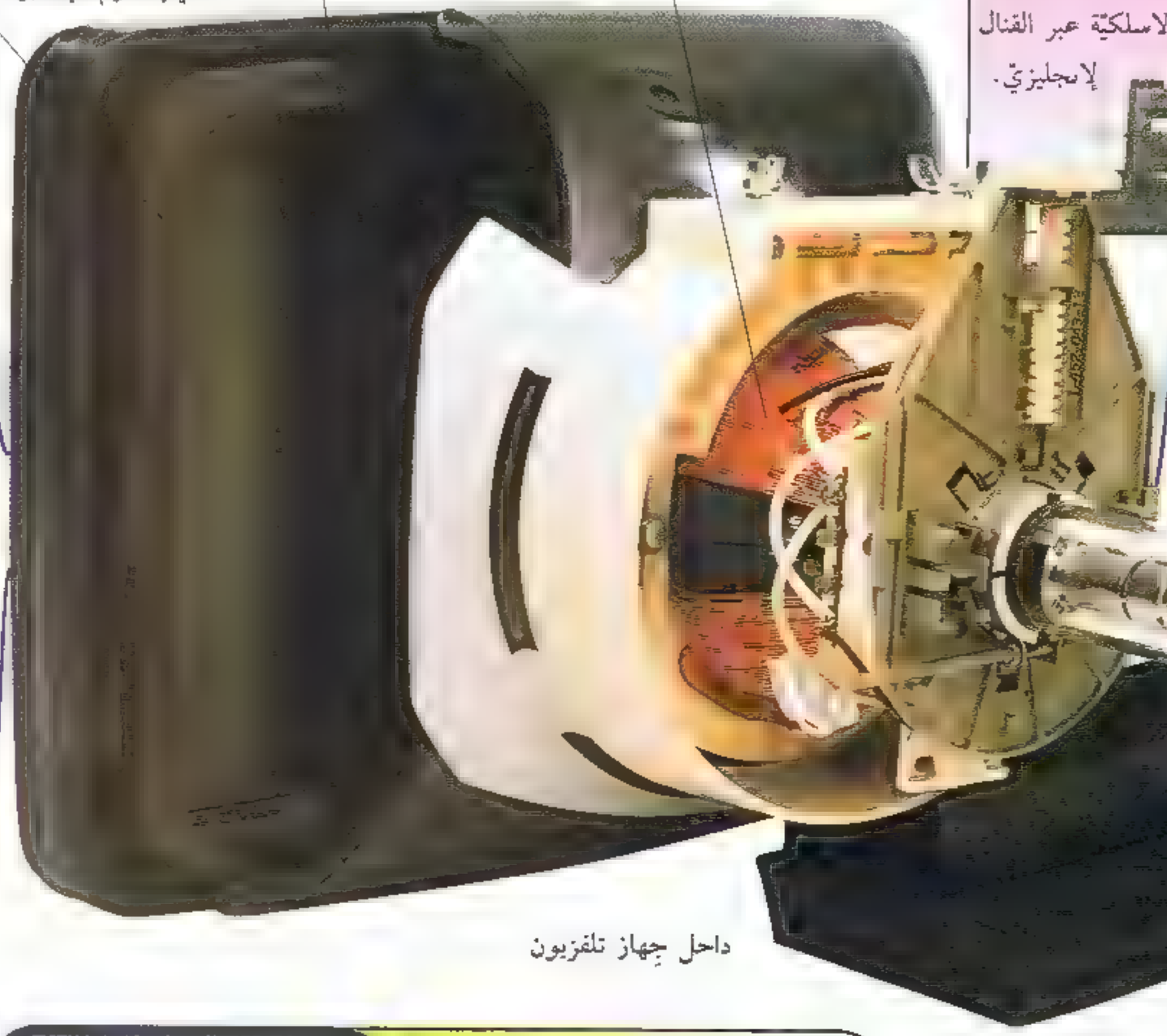


شاشة رادار تُري أجسامًا تُحيط بسفينة (في الوسط)

ملفّ مَسْح يمسَح الشاشة بحُزَمه الموجيّة ذهابًا وإيابًا.

قِناع ظليل يُمكّن كلّ حُزمة من إصابة المادّة المُتفسفِرة المناسبة اللون.

الخُطوط المُتفسفِرة تتوهّج بألوان الأحمر أو الأزرق أو الأخضر عندما تُصيبها حُزم الإلكترونات



أنود وكاثود (داخل أنبوب)

ثلاثة مدافع للإلكترونات

داخل جِهاز تلفزيون

هنا (غير مرئيّة) تولّد حُزَمًا تُمثّل ألوان الأحمر والأخضر والأزرق في الصورة.

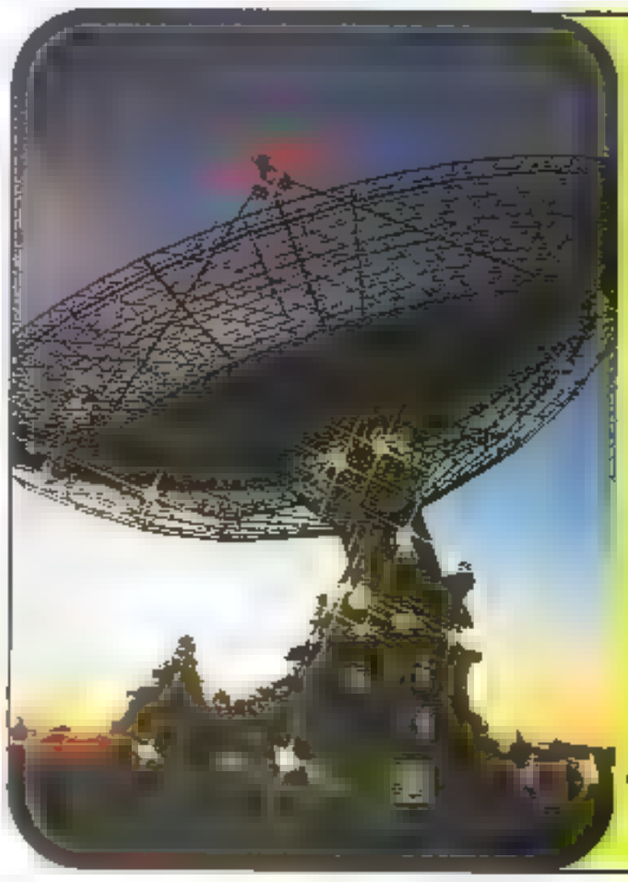
صوَر التلفزيون

تنقُل المَوجات الراديويّة إشارات الصوَر التلفزيونيّة إلى المُستقبِل، الذي يُحوّلها إلى صوَر. النبيطة الأساسيّة في المُستقبِل هي أُنبوب الأشعّة الكاثوديّة، أو صِمام الأشعّة المهبطيّة. تفرز الدارات إلكترونيّة الإشارات الواردة في أربع مجموعات رئيسيّة: ثلاث منها تُمثّل ألوان الأحمر والأخضر والأزرق في الصورة المبثوثة، وواحدة لمجموعة إشارات المَسْح. تُقسّم إشارات الألوان إلى مدافع الإلكترونات، التي تُطلِق على الشاشة حُزَمًا من الإلكترونات. تُصيب الحُزَمُ الموادّ المُتفسفِرة (ص 120)، فتتوهّج هذه باللون المُناسِب. إشارات المسْح تجعَل الحُزَم الإلكترونيّة تمسَح الشاشة ويحدُث هذا بسرعة فائقة بحيث نرى أعيُنا صورة شاشة كاملة.

◄ رسائل في الفضاء ◄

في العام 1932، اكتشَفَ المُهندِس الكهربائيّ الأميركيّ كارْل جانسْكي مَوجات راديويّة مصدَرها الفضاء. فبدأ بذلك عصْر علْم الفلَك الراديويّ. الفَلَكيّون يلتقِطون الموجات الراديويّة من الفضاء بواسطة تلسكوبات ضخمة طبقيّة الشكل. وإنّ دراستهم للكَون الراديويّ قادتهم إلى اكتشاف أجرام نَجميّة جديدة، مثل الكويزرات والبُلسارات والمجرّات الراديويّة.

112 ◄



لتلسكوب باركْس الراديويّ في نيو ساوث ويلْز، أستراليا، طبق قُطره 64 م

الكومبيوتر

عندما يَنطلِقُ مكّوكُ الفضاءِ من مِنَصّةِ الإطلاقِ، يَنبغي إجراءُ 300 000 عمليّةٍ في الثانيةِ لضَمانِ أن تعمَلَ الأنظِمةُ كلُّها عملًا مُنتظِمًا. يَستحيلُ على الروّادِ أن يتدبَّروا مُتطلَّباتٍ كهذه، لذا تتولّى الكومبيوتراتُ التحكُّمَ بعمليّةِ الإنطلاقِ. بإمكانِ الكومبيوتراتِ في داراتِها الإلكترونيّةِ أن تقومَ في كلِّ ثانيةٍ بملايينِ العمليّاتِ. ما يقومُ به الكومبيوتَرُ هو بالضبطِ ما يُبَرمجُ للقيامِ به. قد يُستخدَمُ في الألعابِ، أو تَصميمِ جُزيئاتِ دواءٍ جديدٍ، أو قيادةِ طائراتِ الرُّكّابِ، أو كتابةِ القِصَصِ، أو ابتكارِ عَوالِمَ جديدةٍ مُتخيَّلةٍ.

مُعدّات الكومبيوتر

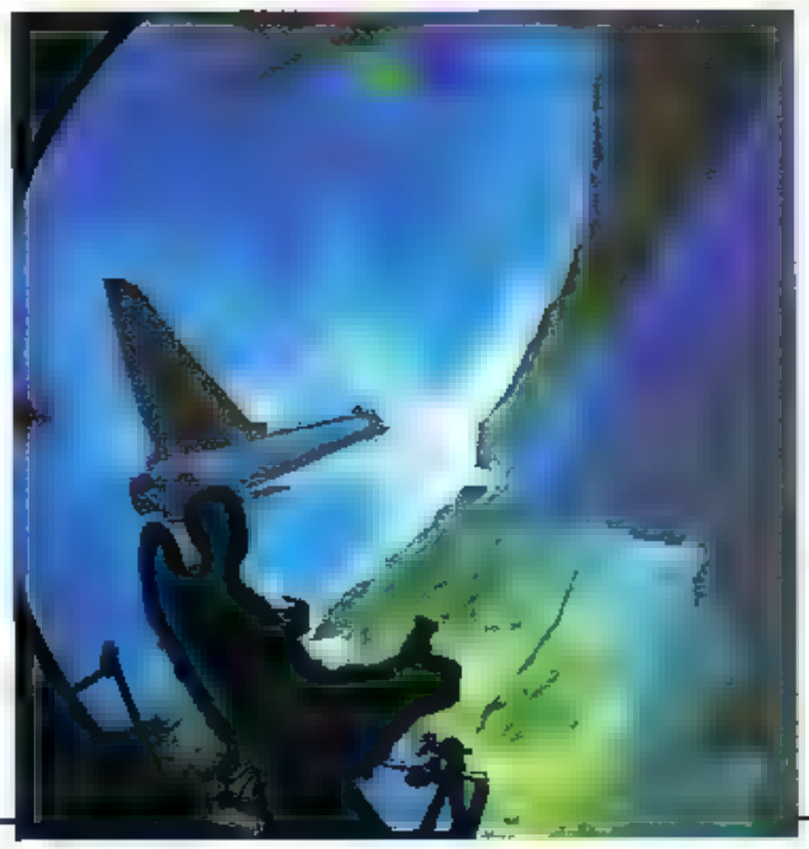
الجُزء الأساسيّ في الكومبيوتر الشخصيّ هو «بُرج» يحتوي على رقائق، أو شرائح، تحتوي على دارات إلكترونيّة دقيقة. المُكوِّن الرئيسيّ في بُرج الكومبيوتَر هو وَحدة العمليّات المركزيّة، وهي وَحدة التحكُّم الرئيسيّة في الكومبيوتَر. تقومُ رقائق أخرى بعمَل ذاكرة الكومبيوتَر، وهي قسمان: ذاكرة دائمة وتُعرَف بذاكرة روم (ROM) وهي للقراءة فقط، فلا تُمحى ولا تُغيّر، وذاكرة مؤقّتة وتُعرَف بذاكرة رام (RAM) وهي ذاكرة الولوج العشوائيّ. تُقدَّم المعلومات للكومبيوتر عن طريق لوحة المفاتيح وأقراص التخزين، وهي أقراص مِغنطيسيّة «لَيِّنة» أو مُدمَّجة. وتظهَر المعلومات والصوَر على شاشة الكومبيوتر، ويُمكِن طبْع ما يظهَر على الشاشة على ورق.

سيّارة مُصمَّمة بواسطة برنامج يُعرَف باسم «كاد» (CAD) وهي الأحرف الأولى لـ معناه تصميم بمُساعَدة الكومبيوتر، وهو برنامج يستخدِم ترسيمات ثُلاثيّة الأبعاد مُتطوِّرة

برامجيّات

تُسمّى البرامج والمُعطَيات، أو المعلومات، التي تُقدَّم للكومبيوتر، برامجات، ويبغي ترجمة هذه البرامجات، قبل أن يتناوَلها الكومبيوتر، إلى شيفرة ثُنائيّة، تُمثَّل فيها المعلومات بالرقمين 1 و0. هذان الرقمان يُمكِن عندئذٍ تمثيلُهما في دارات الكومبيوتر الإلكترونيّة بسَيَلان (1) أو عدم سَيَلان (0) الكهرباء. (ويتمّ ذلك بتناوب التوتّر الكهربائيّ بين سَيَلان وانقطاع بواسطة ترانزستورات). كلّ 1 أو 0 يُدعى بِتًّا، أو بتة، وتُدعى المجموعة من 8 بتات بايت. يكتُب مُعِدّو البرامج برمجيهم بـ «لُغة كومبوتر»، مثل اللغة المُسمّاة بيسك (BASIC)، واللغة المُسمّاة كوبول (COBOL)، وتكون لُغة يفهمُها الكومبيوتر ويُترجِمها إلى شيفرة ثُنائيّة.

أشبه بالواقع



طيّار «يقود» طائرة حربيّة في أحواء يولِّدها الكومبيوتر (إلى اليمين). تتجاوب لطائرة مع ما يقومُ به الطيّار تمامًا كما تتجاوب طائرة فِعليّة. ذُروة هذا النوع من المُحاكاة التي يولِّدها الكومبيوتر هي الواقع الإفتراضيّ والذي فيه يُمكِنك أن تدخُل عالَمًا يولِّده الكومبيوتر. تلبَس خوذةً تُريك العالَم المُفترَض على شاشة أمام عينَيك، بإمكانك أن «تلمِس» أشياء مُفترَضة مُستخدِمًا قُفّازَين مُزوَّدين بمَحاسيس.

التنقُّل في أرجاء شبكة الإنترنت

بإمكانك أن تَستخدِم الكومبيوتر لتكون جُزءًا من شبكة من أجهزة كومبيوتر مُنتشِرة في أنحاء العالَم المُختلِفة يصِلك بها خطّ تلفونيّ. تُتيح لك شبكة الإنترنت الوصول إلى معلومات لا حصر لها في أيّ موضوع تشاء. كما تُمكِّنك من التواصل مع مُستخدِمين آخرين للشبكة بواسطة البريد الإلكترونيّ. تُزوِّدك الشركات والجامِعات والمَتاجِر والمُنظَّمات وحتّى الأفراد بمعلومات عبر مَواقِع لها على الشبكة. من تلك المَواقِع، يُمكِنُك استنساخ النُّصوص في جِهازك وكذلك الرُّسوم والصوَر وحتّى لقطات الڤيديو والموسيقى. ويُزوِّدك مُحرِّكُ البحث بطريقة سريعة للتفتيش عمّا تطلُبه من معلومات.

روبوتات عاملة

روبوت فاحِص يقودُ نفسه عبر أنبوب محدود، مُستخدِمًا حُزمتَين توأمَين من أشعّة الليزر. معظم الروبوتات في الصناعة لا شبه لها بالشكل البشريّ الذي يُصوِّره الكثير من الأفلام والروايات. تُبنى الروبوتات لتؤدّي وظائف مُعيَّنة بأفضل طريقة مُمكنة. تُستخدم الروبوتات استخدامًا واسعًا على خُطوط التجميع في مصانع السيّارات فتلحُم وتصلي. وهي، على عكس البشر، تقومُ بهذه الأعمال المُزعِجة الرتيبة من غير توقُّف ولا تأفُّف. وهي لا تتعَب ولا تعضَب!

تُساعِد أربع كاميرات مُركَّزة في رأس هذا الروبوت في تعيين مَواقع الأشياء بدقّة بالِغة.

ذكاء اصطناعيّ

هذا الروبوت، وقد أسموه «الدِّماغ الديناميكيّ»، يتلهّى بقذْف أكياسٍ فاصوليا وتلقّيها (إلى اليسار). تُطوَّر مثل هذه المَكِنات في أبحاث حول الذكاء الإصطناعيّ. غاية الذكاء الإصطناعيّ ابتكار نبائط يُمكِن أن تتعلَّم من خبرتها وأن تتّخِذ قرارات، من غير حاجة في كلّ مرّة إلى إعادة برمَجتها لتفعَل ذلك. يُحاوِل العُلماء في هذا الميدان أن يُطوِّروا شبكة عصبيّة تُحاوِل مُحاكاة الطريقة التي يعمَل بها الدِّماغ.

تعريفات

احتراق (Burning, Combustion). تفاعُل كيماويّ تتّحدُ فيه المادّة بالأكسجين مُنتجةً طاقة حراريّة

احتكاك (Friction) قوّة تُبطِّئ أو توقِفُ حركة سطح على آخَر.

أحفورة (Fossil) بقايا نبات أو حيوان مُتحجِّره.

إختزال (Reduction): إكتسابُ المادّة لهيدروجينٍ أو فقدانُها الأكسجين، وتوسيعًا هو اكتساب الذرّة إلكترونٍ في تفاعُل كيماويّ. انظُر أيضًا أكسدة.

اختمار، تخمير (Fermentation): عمليّة تحويل (أو تحوُّل) السُّكّريّات النباتيّة إلى كُحول وثاني أكسيد الكربون بواسطة الخمائر.

إرتباط أيونيّ (Ionic bond): رابطة كيماويّة قويّة تُمنَحُ فيها الإلكترونات من ذرّة إلى ذرّة أخرى.

إستاتيكا الموائع (Hydrostatics): مَبحَثُ الموائع الساكنة.

إستشراب (Chromatography). طريقة في الفصل بين موادٍّ خليط بتمريرها عبر وسيط، مثل مُرَشِّح (فِلْتر) ورقيّ. المواد تنفصِلُ لأنّها تنتقلُ عبر المُرشِّح بسرعات مختلفة

إشعاع (Radiation): (1) موجة كهرمغنطيسيّة. (2) تيّار من الجُسيمات المُنبَعِثة من مصدر ذي نشاط إشعاعيّ.

إشعاع فوق البَنفسجيّ (Ultraviolet (UV) Light): نوع من الإشعاع الكهرمغنطيسيّ أمواجه أقصَرُ من أمواج الضوء المَرئيّ.

أشعّة إكس، أشعّة سينيّة (X-rays): نوع من الإشعاع الكهرمغنطيسيّ، أمواجه أقصَر من الإشعاع فوق البنفسجيّ وتردُّده أكثر.

أشعّة ألفا (Alpha rays): تيّار من جُزيئات تُطلقُها موادُّ مُشِعّة، وتتألّفُ من نوى ذرّاتِ الهليوم.

أشعّة بيتا (Beta rays): دَفْق أو تيّار من الإلكترونات تُطلقُه موادّ مُشِعّة.

أشعّة دون الحمراء (Infrared rays (IR)): أشعّة كهرمغنطيسيّة غير مرئيّة أطول موجاتٍ من الضوء الأحمر، وتولّدُها أجسام ساخنة

أشعّة غامّا (Gamma rays): نوع من الإشعاع الكَهرَمغنطيسيّ أطواله الموجيّة قصيرة جدًّا.

أشعّة كَهرمغنطيسيّة (Electromagnetic radiation). إشعاع طاقيّ ذو طبيعة مَوجيّة وجُسَيميّة معًا

اصطناعيّ (Synthetic) مادّة تُركّبُها من موادّ كيماويّة، خصوصًا من موادّ بتروكيماويّة بعض المُنتجات الاصطناعيّة تُصنَع بحيث تُحاكي موادّ طبيعيّة.

أكسدة، تأكسُد (Oxidation) إكتسابُ المادّة أكسجينًا أو فقدُها الهدروجين، أو فِقدانُ الذرّة إلكترونٍ في تفاعُل كيماويّ.

إلتحام (Adhesion) قوّة التحادُب بين ذرّات أو جُزيئات مادّتين مُختلفتين.

إلكترود، مَسْرى، قُطب (Electrode) قطعة من المعدن أو الكربون تُجمِّعُ أو تُطلِقُ الإلكترونات في دارة كهربائيّة

إلكتروسكوب (Electroscope) جهاز يكشِفُ عن وجود شحنة كهربائيّة.

إلكتروليت (Electrolyte): مادّة توصِّل الكهرباء في حال الانصهار أو كانت محلولًا.

إلكترون (Electron) جُسَيم سالب الشُّحنة الكهربائيّة يدورُ حول النواة في كلّ أنواع الذرّات.

ألوان أوّليّة (Primary colours) هي ألوان الضوء الثلاثة، الأحمر والأخضر والأزرق، والتي يُنتَجُ أيُّ لون آخر منها.

ألياف ضوئية (Fibre optics, Optical fibres) أليف رجاجيّة أو بلاستيكيّة دقيقة تنقُلُ ضوءً بالانعكاس الداخليّ الكُلّيّ

أمپير (Ampere (amp)) وحدة قياس شِدّة التيّار الكهربائيّ

امتصاص (Absorption): (1) في الفيزياء، تعني تشرُّب مادّة للضوء أو الحرارة أو الصوت أو أيّ شكل من أشكال الطاقة. (2) في الكيمياء، تعني تشرُّب جامد لسائل أو تشرُّب سائل أو جامد لغاز.

أمّيتر (Ammeter): جِهازُ قياس شدّة التيّار الكهربائيّ.

أنبوب أشِعّة الكاثود (Cathode-ray tube (CRT)): الأنبوب خلف الشّتارة في أجهزة التلفزيون والكومبيوتر وهو أساسًا أنبوب زُجاجيّ مُحكَم السدّ ومُفرَغ من الهواء وبفعْل تيّار الإلكترونات المُنبَعِثة من الكاثود في أحد طرَفيه تتوهّج الطبقة الفلوريّة الطلاء داخل طرفه الآخر.

إنتشار (Diffusion) امتزاج مادّتين أو أكثر بفعل الحركة العشوائيّة للجُزيئات.

انتقال الحرارة (Heat transfer): إنتقال الحرارة من جسم ساخن إلى جسم بارد بالتوصيل أو الحَمْل أو الإشعاع أو بها جميعًا.

اندماج نوويّ (Nuclear fusion) تفاعُل نوويّ تندمجُ فيه النّوى الخفيفة، كالهدروجين، لتكوين نواة أثقل ومُطلِقةً طاقة.

أنزيم (Enzyme) حفّاز في الكائنات الحيّة يزيد من سُرعة التفاعُلات في العمليّات الكيماويّة الضيعيّة.

انسيابيّة (Streamlining) تصميم الشكل بحيث يتنقّل بأقلّ ما يُمكِن من المُقاوَمة عبر الهواء أو عبر الماء.

انشِطار نوويّ (Fission, Nuclear fission) تفاعُل نوويّ تنشطرُ فيه النّواة إلى نواتين أصغر مُصدِقةً طاقة.

إنعراج (Diffraction) انتشار لأمواج توسُّعَ عند عُبورها شقًّا ضيّقًا.

انعكاس (Reflection). ارتدادُ الضوء أو الحرارة أو الصوت عن سطحٍ ما.

إنكسار (Refraction): تغيُّر اتّجاه الحُزمة الضوئيّة عند مُرورها من وسط إلى آخر مختلف الكثافة (مثلًا من الهواء إلى الزُّجاج).

يحدُث انكسار الضوء عندما يمرّ شعاع ضوئيّ عبر جسم زجاجيّ. ينكسر شعاع الضوء إذ يعبُر من الهواء إلى الزجاج.

أنود (Anode): إلكترود موجَب.

أنيون (Anion) أيون سالب الشّحنة، يجذبُه الأنود في عمليّات التحليل الكهربائيّ. انظُر أيضًا أيون، كاتيون.

أيون (Ion) ذرّة أو مجموعةُ ذرّات فقدَت أو كَسبَت إلكترونًا واحدًا أو أكثر لتُصبِحَ ذات شِحنة كهربائيّة

بارومتر (Barometer): آلة لقياس الضغط الجوّيّ.

بتروكيماويّ (Petrochemical): مادّة كيماويّة تُحضَّر من النفط أو من الغاز الطبيعيّ.

بَرامجيّات (Software). برامج وأنظِمة التشغيل في الكومبيوتر قارِن بـ عَتاد الكومبيوتر.

بَرنامج (Program): سلسلة من التعليمات المُشفَّرة لتشغيل الكومبيوتر.

بروتون (Proton) جُسيم في نواة الذرّة يَحمِلُ شِحنة كهربائيّة موجبة، وهو يوجَدُ النواة في ذرّة الهدروجين العاديّ.

بطّاريّة (Battery) سلسلة من خليّتين كهربائيّتين أو أكثر تُنتِجُ وتَخزُنُ الكهرباء. انظُر أيضًا خليّة.

بقاء الطّاقة (Conservation of energy) مبدأ عدم إمكانيّة خلق الطاقة أو إفنائها، فهي فقط تتحوّلُ من شكل إلى آخر. انظُر أيضًا طاقة.

بلازما (Plasma). غازٌ حارّ مشحون بالكهرباء، الإلكتروناتُ فيه مُتحرِّرة من ذرّاتها.

بلاستيك (Plastic): نوع من مكثورات كيماويّة صُنعيّة تُسحرِجُ عالبًا من النفط. البلاستيك عادةً مبين قابل للصبّ والمطّ والدّلفنة والتشكيل بأشكال مختلفة كالپوليثين والپوليستيرين.

بلّور (Crystal): بنية مادّيّة جامدة ذات شكل مُنتظِم. انظُر أيضًا شبيكة.

بلّورات سائلة (Liquid crystal): مادّة تسيلُ كما يسيلُ المائع لكن جُسيماتها مصفوفة بانتظام، كما هي الحال في البلّورات.

بؤرة (Focus): نُقطة تجمُّع الأشعّة الضوئيّة بعد اختراقها عَدَسة أو انعكاسها عن مرآة.

بوليمَرات، مَكثورات (Polymers): مُركّبات عُضويّة ذات جُزيئات طويلة تتألّفُ من كثير من المَوجودات (الوحدات البِنائيّة).

بيانات (Data): معلومات على شكل أرقام أو حروف أو رُموز يمكِنُ للكومبيوتر استخدامها.

تأكُّل (Corrosion): هجوم كيماويّ أو كهربائيّ كيماويّ على سطح فلزّ. انظر أيضًا صدأ.

تَبخُّر (Evaporation): تَحوُّل أو تحويل السائل إلى بُخار بانفلات الجُزيئات من سطحه.

تحديد الموقع بالصَّدى (Echolocation): يُحدَّد الموقع بنبضات صوتيّة يُطلِقُها الحيوان كالخفّاش والدُّلفين ويتلقّى صداها.

تَداخُل (Interference): تَشوُّشُ الإشارات الناتج من تَقابُلِ مَوجتَين أو أكثر.

ترابُط إسهاميّ (Covalent bond): رابطة كيماويّة تتمُّ باشتراك الذرّات في إلكترون أو أكثر.

ترانزستور (Transistor): نَبيطة أو دارة صغيرة شِبه موصِّلة تُستخدَم في دارات الكومبيوتر وسواها.

تَردُّد (Frequency): عدد الذَّبذبات في الثانية. وَحدتها الهِرْتز.

تسارُع (Acceleration): مِقدار تغيُّر السرعة في وَحدة الزمن.

تَسامي، تَصعُّد (Sublimation): تحوّل المادّة الجامِدة من جامِد إلى غاز مُباشرةً دون المُرور بحالة السُّيولة.

تصوير تجسيميّ (Holography): أسلوب في التصوير الثلاثيّ الأبعاد باستخدام أشعّة الليزر.

تَضمينُ التردُّد؛ إف إم (Frequency modulation (FM)): إرسال الإشارة بتغيير تردُّد المَوجة الحاملة، مثل موجة راديويّة.

تعادُل كيماويّ (Neutralization): تفاعُل بين حامِض وقِلْي يَنتِجُ عنه مِلْح وماء، ويكون محلولهما مُتعادِلًا.

تفاعُل طارِد للحرارة (Exothermic reaction): تفاعُل يُنتِج حرارة. قارن بـ تفاعُل ماصّ للحرارة.

تَفاعُل كيميائيّ (Chemical reaction): عمليّة يَنتِجُ منها مركّباتٌ جديدة من عناصِرَ أو مركّبات كيميائيّة أخرى.

تَفاعُل ماصّ للحرارة (Endothermic reaction): تفاعُل كيماويّ تُمتَصُّ الحرارةُ حلاله من الوسط المحيط. قارِن بـ تفاعل طارِد للحرارة.

تفاعُل مُتسلسِل (Chain reaction): تفاعُل يَستمرُّ تلقائيًا، كالتفاعُل النَّوويّ الانشطاريّ الذي يُنتِجُ نيوتروناتٍ تُسبِّبُ بدَورها انشطار ذرّات أخرى.

تَفسفُر أحيائيّ (Bioluminescence): ضوء لا حرارةَ فيه تولِّدُه كائنات مُتعضّية (كائنات حيّة) مثل الحُباحِب.

تَقطير (Distillation): عمليّة يُعلى فيها السائل ويُكثَّف بُخاره. يُستخدَم التقطير لفَصْلِ السَّوائل المُتباينة درجة العليان أو لتنقية السائل نفسه.

تقلُّص (Contraction): انكماش في الحجم، كما يحدُث عندما يبرُد جسم ساخن.

تكثُّف، تكاثُف (Condensation): تحوُّل الغاز أو البُخار إلى سائل.

تكسير (Cracking): عمليّة فَلْق الجُزيئات النفطيّة الكبيرة إلى أُخَر أصغَر بالإحماء تحت الضغط.

تَلوُّث (Pollution): مَوادُّ تُوسِّخُ أو تُسمِّمُ الهواء أو الماء أو البرّ والبيئة كالنفايات الكيماويّة من المصانع.

تَماسُك (Cohesion): جاذبيّة التماسك بين جُسَيمات المادّة نفسها.

تمثيل ضوئيّ (Photosynthesis): الطريقة التي يَصنَعُ بها النباتُ الغذاء من الماء وثاني أكسيد الكربون باستخدام طاقة الشمس.

تمدُّد (Expansion): زيادة حجم الجسم عند التسخين.

تَميُّع (Deliquescence): امتصاصُ الجسم الجامد من رُطوبة الهواء ما يكفي لإذابته وتميُّعه.

تَوازُن (Equilibrium): حالة التوازُن في تفاعُل كيماويّ، أو في وضع ميكانيكيّ حيث لا يُلاحَظُ حُدوثُ تغيُّرات (بخاصّةٍ حين تكون مُحصِّلةُ القوى المؤثِّرةُ فيه صفرًا).

تَوتُّر سطحيّ (Surface tension): ظاهرة يبدو بها سطحُ السائل وكأنّه ذو غِشاء مَرِن؛ وسبب ذلك قوى التماسُك بين الجُزيئات السطحيّة.

التوتّر السطحيّ
للحليب (اللبن) ينكسِر إذ تُسقط فيه قطرات من منظّف كيماويّ.

تَوصيل، نَقْل (Conduction): انتقال الحرارة أو الكهرباء عبر المادّة.

تيّار كهربائيّ (Electric current): سَرَيان الإلكترونات أو الأيونات في دارة.

تيّار مُتناوِب (Alternating current ((AC)): تيّار كهربائيّ ينعكِسُ اتّجاهُه بانتظام على تردُّد مُحدَّد.

تيّار مُستمرّ (Direct Current (DC)): تيّار كهربائيّ يَسري في اتّجاه واحد فقط.

ثَقْب أسوَد (Black hole): جِرْم عالي الكثافة في الفضاء، جاذبيّته من الشِّدّة بحيث يَحذِبُ أيّ شيء حوله حتّى الضوء، لذا يبدو أسوَدَ.

جاذبيّة (Gravity): قوّة التجاذُب بين كُتلتَين. جاذبيّة الأرض هي التي تَشُدُّ إليها كلّ الأجسام فتُكسِبُها ثقالةً أو وزنًا. الجاذبيّة هي إحدى القوى الأساسيّة في الكون. انظُر أيضًا قوى أساسيّة.

جاذبيّة صُغرَيّة (Microgravity): حالة يُحَسّ بها في عربة فضاء تدورُ حول الأرض، حيث تقلُّ الجاذبيّة إلى نحو 1 على 10 000 من شدّتها على سطح الأرض. وهي تُعرف أيضًا بحالة انعدام الوزن أو صفر الجاذبيّة (صفر – ج). انظُر أيضًا حالة انعدام الوزن.

جَدوَل دَوريّ (Periodic table): جَدوَل بجميع العناصر مُرتّبة حسب أعدادها الذرّيّة. انظُر أيضًا مجموعة.

جُزَيء (molecule): أصغرُ وَحدة من عُنصُر أو مُركّب تتواجَدُ مُستقِلّة، ويتألّف لجُزَيء من ذرّتين عن الأقلّ.

جُسيم دون الذرّيّ (Subatomic particle): جُسَيم أصغر من الذرّة، كالبروتون أو النيوترون.

جُسَيمات (Particles): الوحدات الأساسيّة التي تتشكّلُ منها الموادّ كلّها، مثل الذرّات والجُزيئات. الجُسيمات دون الذرّيّة هي جُسيمات أصغر من الذرّة، مثل البروتونات.

جَهارة (Loudness): مِقياسُ حَجم أو ارتفاعِ الصوت.

جُهْد (Effort): قوّة تُبذَل لتحريك ثِقَل.

جول (Joule): وَحدةُ طاقة (= واط/ ثانية).

جيروسكوب، بوصلة دَوّارة (Gyroscope): دولاب سريع الدوران يطلّ بمِحوَره يُشيرُ إلى الاتّجاه نفسه ما دام دوّارًا. تُستخدَمُ البوصلة الجيروسكوبيّة في ملاحة السُّفن والطائرات.

الجيروسكوب
بوصلة دوّارة تُقاوِم تغيّر اتّجاه حركتها بفعل العَطالة، أو القُصور الذاتيّ.

حالة انعدام الوزن (Weightlessness): انعدام التسارُع الناشئ عن الجاذبيّة أو أيّ قوّة أخرى، كما هي حال الأجسام في مدارٍ يدورُ حول الأرض أو كحال لجسم الساقط سقوطًا حُرًّا.

حامض، حَمْض (Acid): مُركَّب يحوي الهدروجين يحلُّ في الماء ليُعطي أيونات الهدروجين.

الملفوف (الكرنب) الأحمر يُمكِن استخدامه كاشفًا لاختبار مِقدار **الحُموضة** في مادّة

الحامِض النوويّ الريبيّ المنقوص الأكسجين (د ن أ) (Deoxyribonucleic acid (DNA)): مادّة كيماويّة تؤلّف الصِّبغيّات وتوجد في جميع الخلايا. باستطاعة د ن أ مُضاعَفة نفسه لينقُلَ المعلومات الوِراثيّة (الجينيّة) من جيل إلى جيل.

حُجرةُ الفقاقيع (Bubble chamber) سطه لملاحظة الجُسَيمات دون الذرّيّة تحوي سائلًا تحت الضغط على درجة حرارة دون درجة غليانه بقليل. وبانخفاض الضغط فجأةً يغلي السائل، فتُبيِّنُ الفقاقيعُ الدقيقة مساراتِ الجُسيمات النشطة.

حرارة (Heat): شكل من أشكال الطاقة قابل للانتقال من جسم إلى آخر بفعل اختلاف درجة الحرارة بينهما

حرارة كامنة (Latent heat): لحرارة اللازمة لتحويل الجامِد إلى سائل أو السائل إلى غاز دون تغيير في درجه لحرارة.

حَفّاز (Catalyst): مادّة كيماويّة تُسرِّعُ التفاعُل الكيماويّ بواسطتها من دون أن يطرأ عليها تغيُّر في نِهاية التفاعُل.

الحَمْل (Convection): انتقال الحرارة في مائع بواسطة التيّارات داخل المائع.

حُموّ عالَميّ (Global warming): تسخُّن جوّ الأرض بتأثير ظاهِرة الدفيئات.

خام (Ore): صخر طبيعيّ يُمكِنُ استخراجُ فِلِزّات منه.

خُسوف (Lunar eclipse): دُخول القمر في ظلّ الأرض فلا يُرى.

خَلِيّة (Cell): (1) أصغر وَحدة في الكائن الحيّ ذات كيان حيويّ قائم بذاته.

(2) بسيطة قُلطائيّة تُنتِجُ الكهرباء بالتعيُّرات الكيميائيّة انظُر أيضًا بطّاريّة.

خليّة شمسيّة (Solar cell): خليّة قُلطائيّة ضوئيّة تُحوِّلُ طاقةَ ضوءِ الشمس إلى طاقة كهربائيّة.

خليّة وقوديّة (Fuel cell): بسيطه تولّد الكهرباء مباشرةً من تفاعُل كيماويّ بين ذرّات الهدروجين والأكسجين مثلًا.

الخيمياء (Alchemy): علم الكيمياء القديمة الذي استهدف بشكل خاصّ تحويلَ المعادن الرخيصة كالرصاص إلى ذهَب.

دارة (Circuit): مَسار يُمكِن أن يَدور فيه تيّار كهربائيّ. انظُر أيضًا دارة مُتكامِلة.

دارة مُتكاملة (Integrated circuit): دارة كهربائيّة دقيقة تتألّف من مُقوِّمات مُنمّاة في رُقاقة سِليكونيّة.

دايود، صِمام ثُنائيّ (Diode) بسيطة إلكترونيّة، في جهاز، تُسمَحُ بمُرورِ الكهرباء في اتّجاه واحد فقط. انظُر أيضًا دايود مُضيء.

دايود مُضيء (Light-emitting diode- LED) دايود بلّوريّ يُضيء عندما يسري فيه تيّار كهربائيّ

دَرَجةُ الحرارة (Temperature): مقياس لسُخونةِ الشيء أو بُرودته النِّسبيّة.

دَفْع نفّاث (Jet propulsion). دَفْعُ المَكِنة إلى الأمام باندفاع تيّار مائع إلى الخلف.

دنمو (Dynamo): مولِّد يُنتِجُ تيّارًا كهربائيًّا مُستمرًّا

دون السَّمعيّ (Infrasound): مَوجات صوتيّة تواتُرها أبطأ من أن تلتقطَها أذن الإنسان.

ديسيبل (Decibel): وَحدة قياس جهارة الصَّوت

الديناميّات الهوائيّة (Aerodynamics) دراسة انسياب الهواء فوق الأجسام المتحرّكة بخاصّةٍ المَشيقة منها، كالطائرات والسيّارات، لتقليل مُقاومة الهواء لحَرَكتها.

ديناميكا الموائع (Hydrodynamics) مَبحَثُ الموائع المُتحرِّكة والقوى المؤثِّرة فيها.

ذاكِرةُ الوصول العشوائيّ (Random-access memory - RAM): رقائق ذاكرة لكومبيوتر حيث تُخزَنُ المعلومات وتُستعادُ. هذه المعلومات تُفقَدُ عند قَفْل الكومبيوتر

ذرّة (Atom) أصغرُ جُزء من لعنصر يبدي خصائص ذلك العنصر

رابطة فلزّيّة (Metallic bond): رابطة في الفلزّات تسري عبرها الإلكترونات بحرّيّة بين الذرّات.

التيّارات الدوّارة للهواء الصاعد والهابط، والتي تمكّن هذه الطائرة الشراعية من التحليق، تُعرَف بتيّارات الحَمْل (الحراريّ).

رادار (Radar (radio detection and ranging))، كشْف وتحديد المدى الراديويّ وسيلة لكَشْف الأشياء البعيدة بإرسال أمواج راديويّة والتقاط أصدائها.

رافِعة، عتلة (Lever): أداة ميكانيكيّة تتألّفُ أساسًا من ذِراع صُلبة تتحرّكُ حول نُقطة ارتكاز، تُستخدَمُ لرَفْع الأشياء أو تحريكها

رُطوبة (Hymidity). كمّيّةُ بُخارِ الماء في الهواء.

رفع (Lift) قوّةُ دَفْع من أسفل إلى أعلى تَنبُعُ من فَرْق سُرعة الهواء وضغطه على سطحَي الجناحَين العُلويّ والسُّفليّ في الطائرة.

رُقاقة صُغْريّة (Microchip): رُقاقةُ سليكون تحمل عددًا ضخمًا من الدارات الفائقة الصِّغَر.

رَم، ذاكرة قراءة فقط (Read-only memory - ROM): ذاكرة في الكومبيوتر تختزِنُ المعلومات الدائمة، بحيث يُمكِنُ استعادتها ولا يُمكِنُ تغييرها.

روابط (Bonds) تجاذُب بين الذرّات أو الأيونات يمسِكُ الجزيئات وغيرها من المكوّنات معًا. انظُر أيضًا ارتباط أيونيّ، ترابط إسهاميّ، رابطة فِلزّيّة.

سائل (Liquid): حالة من حالات المادّة تكون بين الجامد والغاز، وفيها تتحرّك الجُزيئات في حُزَم، لكنّها تظلّ مُتقارِبة تحديدًا بعضها بعضًا.

سبيكة (Alloy): خليط من فِلزَّين أو أكثر، أو من فِلزّ ولا فِلزّ.

سُرعة اتّجاهيّة (Velocity): سُرعة في اتّجاه مُعيَّن.

سطح انسياب رافِع (Aerofoil). سطح مُحدَّب الظهر، كجناح الطائرة، سرعة الريح فوقه أزيَد منها تحته، فيولِّد قوّة رفع عندما يخترق الهواء.

سَعة (Amplitude) سَعة الذبذبة أو ارتفاعُ المَوجة، كالموجة الصوتيّة.

سِلْسيوس (Celsius) السُّلَّم المئويّ لدرجات الحرارة. وَضَعه أندرس سلسيوس (1701-44).

سنة ضَوئيّة (Light year): مسافة ما يَقطَعُه الضوء في سنة ومقدارها 9,5 مليون مليون كلم.

شبكة كهربائيّة (Grid): شبكة من خطوط النَّقْل تُوزَّع خلالها الكهرباء على أنحاء البلاد.

شِبه فِلِزّ (Semimetal): عنصر له خصائص بين تلك التي للفلزّات والتي للافلّزات. هذا النوع من العناصر يَشْمَلُ البورون والسليكون والجرمانيوم والزِّرنيخ، وهي نافعة كعناصر شبه موصِّلة للكهرباء.

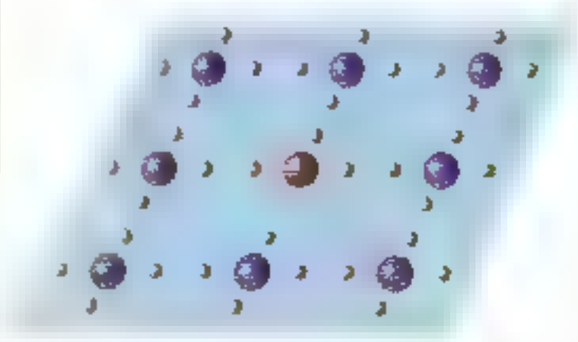
شِبْهُ موصِّل (Semiconductor). مادّة مُقاوَمتها وسط بين المُوصِّل والعازِل.

شُبيكة، نسق شبكيّ (Lattice): نِظام توزيع هندسيّ لنقاطٍ في الفراغ، كالتوزيع الهندسيّ للذرّات في مادّة بلّوريّة.

شِحْنة (أو شحْنة كهربائيّة) (Charge or Electric charge) قوّة التجاذُب أو التنافُر بين الأجزاء الذرّيّة وبين الجُسيمات دون الذرّيّة. الشِّحنات المُتخالفة تتجاذب، والشِّحنات المُتماثِلة تتنافر.

الشُّغْل (Work): الطاقة المَبذولة أو الناتِجة عند تحرُّكِ القوّة مسافةً ما أو عندما تتحوَّلُ الطاقةُ من نظام إلى آخر.

شكل تآصُلي أو مُتآصِل (Allotrope): أشكال مُتباينة للعُنصُر نفسه، مثل الأكسجين والأوزون.



يُصبِح السليكون شبه موصِّل عندما يُشاب بكمّيّات ضئيلة من الزرنيخ أو الفُسفور أو البورون لتغيير خواصّه الكهربائيّة.

صِبْغ دوّار الشمس (Litmus). مادّة أرجوانيّة دوّارة في لماء، يُحضَرُ عليها من أشنات مُختلِفة. يتحوَّل لونها إلى الحُمرة في الحوامض، وفي القواعد يتحوَّلُ إلى الزُّرقة.

صَدأ (Rusting): عمليّة تتّحِدُ فيها الحديد وأكسجين الهواء لتشكيل أُكسيد الحديد. الصدأ هو أشيع أشكال تآكُل المعادن.

صَدى (Echo): الصوت يُسمَع ثانيةً بعد انعكاس تموّجاته عن جِسم صُلب.

صِفْر الجاذبيّة، انعدام الجاذبيّة (Zero-G): حالة انعدام الوزن.

الصِّفر المُطلَق (Absolute zero): درجة الصفر المطلق هي أدنى درجة حرارة ممكنة = صفر كلفن أو – 273,15°س.

صَهيرة، مِصهَر (Fuse): نبيطةُ أمان تُستخدَمُ في الدارات الكهربائيّة، وهي عبارة عن سِلك رفيع يَنصهر (فيقطَعُ الدارة) إذا تجاوَزَ التيّار حدًّا مُعيَّنًا.

الصَّوت (Sound): أمواج طوليّة تتعيَّنُ بانتقالها كثافةُ وضغطُ الوسَط عن المُعتاد. وتُحدِثُ إحساسًا بالسَّمْع إذا كانت ذبذبتها من 16 هِرْتز إلى 16 كيلوهرتز.

صَوت فوق السَّمعيّ (Ultrasound). تردُّدُ أمواج الصوت فوق مُستوى لسَمْع

صَوتيّات (Acoustics): دراسة الصَّوت، بخاصّة انتقال وإرسال الصوت في الأبنية والمنظومات السَّمعيّة والآلات الموسيقيّة.

صيغة (Formula): مجموعة رُموز كيماويّة تُبيّنُ تركيبَ المادّة الكيماويّة.

ضَغط (Pressure): مِقدارُ القوّة المؤثِّرة على وَحدةِ المساحة.

ضَغْط جوّيّ (Atmospheric pressure): وهو 100 بَسْكال، أو كلغم واحد على المستيمتر المربّع.

ضَوء (Light): إشعاع كهرمغنطيسيّ مرئيّ. يتألّف الضوء الأبيض من كلّ ألوان قوس قُزح.

ضوء مُستقطَب (Polarized light): حُزمة أمواج ضوئيّة تتذبذبُ في مُستوٍ واحد فقط.

طاقة (Energy): المُقدرة على إحداث شُغل. انظر أيضًا بقاء الطاقة.

طاقة حراريّة أرضيّة (Geothermal energy): حرارة تُستحرَج من الصخور الساخنة عميقًا في قشرة الأرض.

طاقة حَرَكيّة (Kinetic energy). طاقة الجِسم الناجِمة عن حَرَكته.

طاقة ذرّيّة (Atomic energy) انظر أيضًا طاقة نوويّة.

طاقة كامِنة (Potential energy): طاقة مُختزَنة للإستخدام في وقت لاحِق.

طاقة نوويّة (Nuclear energy): طاقة تُطلِقُها نواة ذرّة إذا ما انفلَقَت (تحطيم الذرّة) أو إذا ما اندمَجَت مع أخرى (اندماج الذرّات).

الطَّفْويّة (Buoyancy): مقياس دفْع المائع على جِسمٍ مَغمورٍ فيه أو طافيًا عليه.

طِلاء كهربائيّ (Electroplating). تَغصية جِسم فِلِزّيّ بطبقة رقيقة من فِلِزّ آخر بالكَهرَلة.

طول مَوجيّ (Wavelength): المسافة بين ذُروة مَوجة وذُروة مَوجة تالية.

طَيْف (Spectrum): الضوء المُبتعَث من مادّة مُنحلًّا إلى أطواله المَوجيّة المختلفة بحيث يَتّخِذُ كلُّ لون مكانًا متميِّزًا في الطيف.

طَيف كهرمغنطيسيّ (Electromagnetic spectrum): مَدى التردُّدات أو الأطوال المَوجيّة المختلفة للأمواج لكهرمغطيسيّة ويَشغَل القسم المرئيّ (لضوء) من هذا الطيف حيّزًا ضئيلًا.

ظاهرةُ الدَّفيئات (Greenhouse effect) ظاهِرةُ احتباسِ الغازات في جوّ الأرض (بخاصّةٍ ثاني أُكسيدِ الكربون) للحرارة كما في البُيوت الزُّجاجيّة. وتراكُمُ تأثير هذه الظاهرة يؤدّي إلى الحُموّ العالميّ.

عازِل (Insulator): مادّة تُقلِّل أو تمنع سَرَيان الحرارة أو الكهرباء أو الصَّوت.

دهن دبّ القطب وفروه موصِّلان ضعيفان للحرارة، لذا هما عازلان جيّدان – الحرارة داخل جسم الدبّ لا تنتقل ولا تتفلّت بسهولة

السرعة الاتّجاهيّة كما تظهَر في تجربة صاروخ منزلي

عَتاد الكومبيوتر (Hardware): مُكوِّنات الكومبوتر ومُعدّاته المُساعِدة من الأجهزة المُختلفة.

العَدَد الذَّرّيّ (Atomic number) عدد

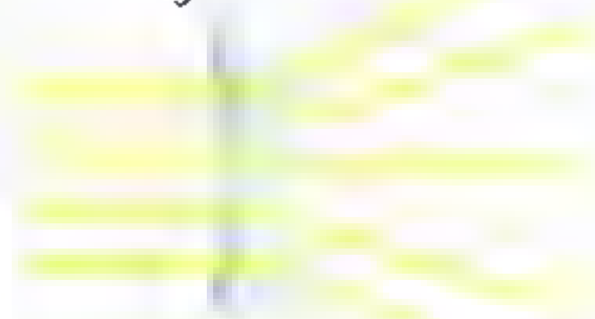
البروتونات في نواة الذرّة المُعيّنة.

عدسة (Lens) قطعة محنيّة من زجاج أو أيّ مادّة شفّافة أخرى تُشتّتُ أشعّة الضوء. انظر أيضًا عدسة مقعّرة وعدسة محدّبة.

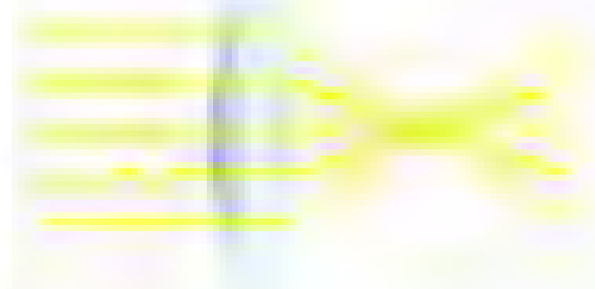
عَدَسة مُحدَّبة (Convex lens): عدسة مقوَّسة إلى الخارج (أثخن في المركز منها في الأطراف).

عَدَسة مُقعَّرة (Concave lens): عدسة مقوَّسة إلى الداخل (في المركز أرقُّ منها في الجوانب).

عدسة مُقعَّرة



عدسة مُحدَّبة



العدسة المقعّرة تتسبّب بانفراج الضوء، في حين أنّ **العدسة المحدّبة** تتسبّب بتلاقي الضوء (تجمّعه).

عَرْض بلّوريّ سائليّ (Liquid crystal display - LCD): مجموعة من البلّورات السائلة التي يُمكن، في محلل كهربائيّ، أن ينوي الضوء المارّ عبرها مولّدةً أحرفًا معتمة يُمكن أن تُشكّلَ أرقامًا على سبيل المثال.

عزم حَرَكيّ (Angular momentum): عَزْم يكون لجسم يدور.

العَطالة (Inertia): نُزوعُ الجسم إلى البقاء في حالة السكون أو استمرار الحركة في خطّ مُستقيم ما لم تؤثّر فيه قوّة

عِلْم الأحياء (Biology). دراسة الكائنات الحيّة والعمليّات الحيويّة كالتطوّر والبيئيّات ووظائف الأعضاء.

علْم الإلكترونيّات (Electronics): دراسة سريان الإلكترونات في بلّورات شبه موصّلة وفي الغازات وفي الخواء، وتصميم دوائر تقوم على مثل ذلك السريان. انظر أيضًا دارة مُتكاملة، شبه موصّل.

عُنصُر (Element). مادّة لا يُمكنُ تفكيكها إلى موادّ أبسط بالتفاعُلات الكيميائيّة.

عُنصُر اصطناعي (Artificial element): عنصر يتولّد اصطناعيًّا بفعل قذْف نوويّ.

غاز (Gas). حالة من حالات المادّة، تكون الذرّات فيها مُتباعدة وتتحرّك بحركًا عشوائيًّا وسريعًا.

غازات نبيلة (Inert gases, Noble gases) عناصر غازيّة كاملة لا تتفاعل بسهولة مع غيرها من العناصر. كانت في ما مضى تُدعى غازات نادرة أو خاملة.

غلفانومتر (Galvanometer): مِقياس شِدّة التيّارات الكهربائيّة الصغيرة.

غلوونات (Gluons): جُسَيمات داخل البروتونات والنيوترونات تَجعَلُ الكواركات تتماسَكُ معًا.

فائدة آليّة (Mechanical advantage) نسبة بين القوّة الناتجة (المؤثّرة في الحِمْل) والقوّة المعمَلة (المُسلَّطة)

فَرْقُ الجُهد (Potential difference) الفَرْق الطاقيّ بين مَوقعَين في دارة أو مجال كهربائيّ. انظُر أيضًا قوّة دافعة كهربائيّة.

فعْل شَعْريّ (Capillary action): حركة السائل صعودًا أو نُزولًا في أنبوب شعريّ بفعل التجاذُب بين جُزَيئات السائل وجُزَيئات الأنبوب.

فلزّ (Metal): واحد من مجموعة العناصر الجيّدة التوصيل للحرارة والكهرباء واللّمّاعة عادةً.

فَلوَريّة (Fluorescence): نور تُصدِره ذرّات مُعيّنة عندما يَصدِمُها الإشعاع فوق البنفسجيّ.

فوتون، كَمّ ضَوئيّ (Photon): جُسَيم يتألّفُ منه الضّوء وغيرُه من الإشعاعات الكَهرَمغطيسيّة.

فَوق صَوتيّ (Supersonic): سُرعته تفوقُ سُرعةَ الصّوت.

فيزياء (Physics): دراسة خصائص المادّة وطبيعتها وتفاعُلات المادّة والطاقة.

قاعدة (Base): مُركّب يتفاعَل مع حامِض لتُعطيَ مِلْحًا وماء.

قُدرة كَهْرمائيّة (Hydroelectric power) قُدرة كهربائيّة تُنتَج بتسخير صَقْة المياه المتدفّقة.

قُرص مرِن (Floppy disc) قُرص صغير مرن مُمَغنط مُغلَّف تُسجَّل عليه البيانات ويُستخدَم في الكومبيوتر.

قَرّيّ (Cryogenics): دراسة الموادّ في درجات حرارة فائقة الانخفاض، كما هي الحال في الغازات السائلة

قلْي (Alkali): قاعِدةٌ ذوّابة في الماء.

قوى أساسيّة (Elementary particles, Fundamental forces): قوى الكون، وهي الجاذبيّة والقوّة الكهرمغطيسيّة والقوّة الشديدة والقوّة الضعيفة. الأخيرتان تعملان فقط في مسافات قصيرة جدًّا داخل نوى الذرّات.

قوّة (Force): جُهد يُحاولُ تغيير حركة الجسم أو سُكونِه أو شكله

قوّة جاذبة (Centripetal force). قوّة تشُدُّ الجسم المُدوِّم في دائرة نحو مركز الدائرة.

قوّة دافعة كهربائيّة (Electromotive force (emf)). فَرْق الجُهد في بطّاريّة أو حليّة الذي يَدفَعُ تيّارًا كهربائيًّا حول الدارة.

كاتيون (Cation): أيون موجبُ الشّحنة الكهربائيّة.

كاثود (Cathode). إلكترون سالبُ الشّحنة.

كاشِف (Indicator) مادّة تُبيّنُ الأُسّ الهيدروجينيّ لمحلول بلَونها المُميّز في الحُموض والقلويّات.

كُتلة (Mass). كمّيّةُ المادّة في جسم ما. قارِن ـ وَزْن.

كُتلة ذرّيّة نِسبيّة (Relative atomic mass): كُتلةُ الذرّة مَنسوبةً إلى كُتلةِ ذرّة الكربون 12 باعتبارها 12 تمامًا. انظُر أيضًا وزْن ذرّيّ.

كَثافة (Density). كُتلة وحدةِ الحجم من المادّة. انظُر أيضًا كثافة نِسبيّة.

كثافة نِسبيّة (Relative density): كثافةُ مادّة ما مَنسوبةً إلى كثافة الماء.

كربوهيدرات (Carbohydrate) مُركّب يُزوِّدُ بالطاقة يتألّف من الكربون والهدروجين والأكسجين.

كُسوف (Solar eclipse): كُسوف الشمس الكُلّيّ أو الجُزئيّ عند مُرور القمر بينها وبين الأرض.

كلْفِن (Kelvin): مِقياس علميّ عياريّ لدرجات الحرارة، مماثل لمقياس سلسيوس، لكن صفره يساوي −273,25°س. سُمّي نسبة إلى الفيزيائيّ لورد كِلْفِن (1824 1907).

كَمّ (Quantum): مِقدار أقلّ من المادّة أو الطاقة المُمكن وجوده (كَمُّ الطاقة الكهرمغطيسيّة هو الفوتون ويُساوي ثابتَ «بلانك» مضروبًا في التردُّد).

كمّيّة التحرُّك (Momentum): خاصيّةُ الجسم المُتحرِّك وتُقاسُ بالزمن اللازم لقوّة مُعيّنة لإيقافه.

كمّيّة موجّهة (Vector quantity): كمّيّة ذاتُ مِقدار واتّجاه كالقوّة

كمّيّة لا موجّهة (Scalar quantity) كمّيّة مَقيسة لاتّجاهيّة، أي ذات مِقدار فقط كالكتلة والزمن.

كهرباء (Electricity): ظاهرة الجُسَيمات المَشحونة، ومُعظمها إلكترونات، في تحرُّكها أو سُكونها. وهي أكثر أشكال الطاقة استعمالًا.

كَهرَلة، التحليل أو التحلُّل الكهربائيّ (Electrolysis): تغيُّر كيماويّ في إلكتروليت يُحدِثه التيّار الكهربائيّ الساري فيه.

كَهروسُكونيّات (Electrostatics): دراسة الشّحنات الكهربائيّة الساكنة ومجالات القوّة حولها.

كوارك (Quark): فئة من الجُسيمات الدقيقة التي تؤلّف البروتونات والنيوترونات.

كيلوغرام (Kilogram): وحدة كتلة في نظام الوحدات العالميّ، وهو غير النظام الإمبراطوريّ.

كيمياء (Chemistry): مَبحثُ المادّة وطبيعتها وتركيبها وما يتناولها من تغيُّرات.

الكيمياء الحيويّة (Biochemistry): عِلم يبحث في كيمياء الكائنات الحيّة كالأنزيمات والتفاعُلات الحيويّة لدخلايا والمتعضّيات.

كيمياء عُضويّة (Carbon chemistry, Organic Chemistry): علم كيمياء المادّة الحيّة يقتصِرُ على دراسة مُركّبات الكربون فقط

الكيمياء الكهربائيّة (Electrochemistry): دراسه كيميائيّة لأيونات المحاليل، كما في الخلايا الكهربائيّة والكَهْرَلة (التحليل الكهربائيّ).

كيمياء لاعُضويّة (Inorganic chemistry): فرع الكيمياء المُختصّ بدراسة الكيماويّات الحالية من الكربون، باستثناء الكربونات وثاني أكسيد الكربون

لافِلِزّات (Non-metals): جَوامِد أو عازات (عدا البروم وهو سائل) وهي (عدا الغرافيت) غير موصّلة للتيّار الكهربائيّ أو الحرارة، وأكاسيدها عمومًا حامِضيّة والقليل منها مُحايد.

لا مَزوج (Immiscible): لا يَمتزِجُ. الزَّيت والماء، مثلًا، لا يَمتزِجان.

لِبتون (Lepton): جُسيم أساسيّ يحتوي على الإلكترون.

لُزوجة (Viscosity): مِقياس لسُهولة انسياب الموائع.

ليزَر (Laser): نَبيطة تَبتعِثُ حُزمةَ أشعّةٍ ضوئيّة ساطِعة (ليزر = تضخيمُ الضوء بابتعاث الإشعاع المُنشَّط).

مادّة (Matter): كلُّ ما هو ذو كُتلة ويَشغَلُ حَيِّزًا وتُطلَقُ أيضًا على أيّ تَجمُّع من جُسَيمات مادّيّة.

مائع (Fluid): مادّة سيّالة، أي هي سائل أو بُخار أو غاز.

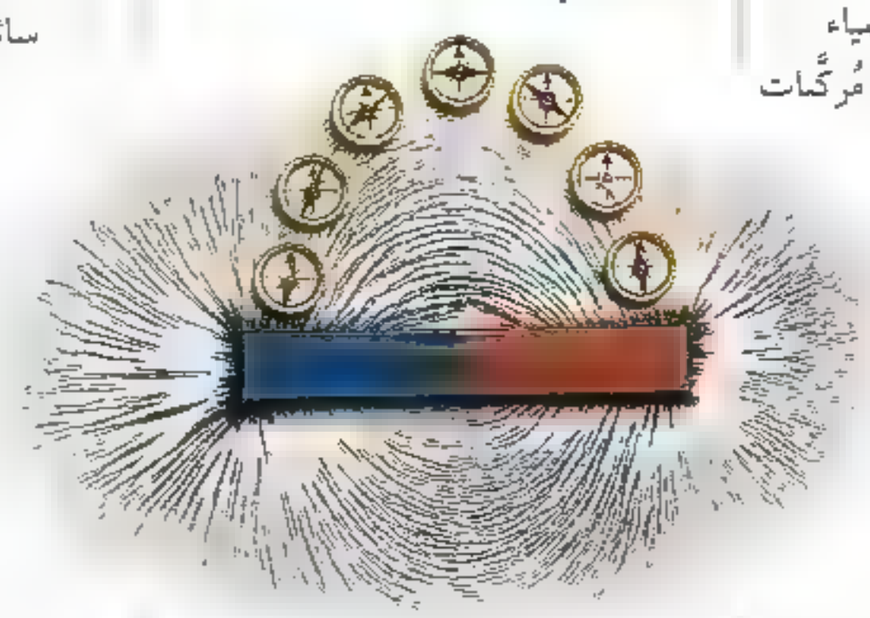
مُتجدِّد أعظم (Supernova): نجم كبير مُتفجِّر في نهاية عُمره.

مُتعضٍّ (Organism): كائن حيّ يَتألّفُ من خليّة واحدة أو أكثر.

مَجال (Field). حقْل (أو منطقة) تقع فيه على الجسم قوّة. تتشكّل المجالات حول المغانط والشحنات (المجالات الكهربائيّة) والأجسام الفائقة الضخامة (محاور الحاديّة).

مَجالُ القوّة (Force field): أُنظر مَجال.

مَجال مِغنَطيسيّ (Magnetic field): مِنطَقه حول المغنطيس يظهَرُ تأثيرُه المِغنطيسيّ فيها.



بُرادةُ الحديد تكشِف المجال المغنطيسيّ حول المغنطيس.

مجموعة، فئة (Group): مجموعة العناصر في عمود من الجدول الدوريّ للعناصر، كمجموعة الفِلِزّات القِلْويّة في الفئة الأولى ومجموعة الهالوجينات في الفئة السابعة.

مُحرِّك حراريّ (Heat engine): آلة تُحوِّلُ قِسمًا من الطاقة الحراريّة التي تُزوَّد بها إلى شُغْل ميكانيكيّ.

مُحرِّك داخليّ الاحتِراق (Internal combustion engine): مُحرِّك يُنتِجُ القُدرة بحرق لوَقود داخليًا.

مَحلول (Solution): مَزيج تختلط فيه جُزيئات المُذاب بجُزيئات المُذيب.

مُحوِّل طاقة (Transducer). نَبيطة تُحوِّل الطاقة أو الإشارات غير الكهربائيّة (مثل الضوء أو الصوت) إلى إشارات كهربائيّة، أو العكس بالعكس. المكروفون والمِحهار (مكبِّر الصوت) هما مُحوِّلا طاقة.

مَدار (Orbit): مَسارُ جِسم ككَوكَب أو ساتل مثلًا حول جِسم آخر كنَجم أو كوكب.

مدفَعةُ إلكترونات (Electron gun): نَبيطة تُنتِجُ تيّارًا من الإلكترونات، يُسمّى شُعاعًا كاثوديًا، تُستخدَمُ في الأجهزة الإلكترونيّة كالتلفزيون.

مُذاب، ذائب (Solute): المادّة التي تَذوبُ في المُذيب لتُكوِّنَ المَحلول.

مُذيب (Solvent): المادّة، وهي غالبًا سائلة، التي يَذوبُ فيها المُذاب لتكوين المَحلول.

مُرتكَز (Fulcrum). نُقطة ارتكاز تتحرّكُ الرافِعةُ حولها.

مُركَّب (Composite): مُكوَّن من مادّتين مُختلِفتين أو أكثر

مُركَّب (Compound): مادّة يَحوي لجُزَيءٍ منها ذرّتين أو أكثر من عنصر مُحتبِفة.

مَركَز الثِّقَل (Centre of gravity (or mass)): نقطه نُفرض أنّه مركزُ تأثير وزن الجسم الجسئ

مُرونة (Elasticity): قُدرة المادّة على الامتِطاط و لعودة ثنية إلى حالها الطبيعيّة بعد زوال المؤثِّر.

هذه اللعبة ذات مُرونة تمكّنها من الارتداد إلى شكلها الأصليّ بعد مَطِّها

مَزيج (Mixture): مادّه تحوي اثنين أو أكثر من العناصر أو المُركّبات غير المُتّحدة معًا كيماويًّا.

مُسارِع جُسَيمات (Particle accelerator). مَكنة تُسرِّعُ تيّارات الجُسيمات المشحونة (بروتونات وإلكترونات) إلى طاقات عالية. وتُدعى أيضًا مُحطِّمة الذرّات.

مُستحلَب (Emulsion): جُسيمات دقيقة من سائل مُشتّتة في سائل آخر (لا تذوب فيه).

مُضادّ المادّة (Antimatter): جُسيمات دون الذرّيّة هي صورة مِرآويّة لجُسيمات أخرى دون الذرّيّة. البوزِترون (موجَب الشّحنة)، مثلًا، هو ضَديد الإلكترون (سالِب الشّحنة).

مُضخِّم (Amplifier): نَبيطة إلكترونيّة لتقوية شِدّة الإشارة الكهربائيّة، مُستمِدّة الطاقة من دارة مُنفصِلة.

مطر حامضيّ (Acid rain). مطر أُحمِضَ بتفاعُلِ ماء الجوّ مع الحَوامِض المُبتعثة من محطّات توليد القُدرة وعَوادِم السيّارات.

مُعادَلة (Equation): تعبير يُبيِّن التفاعُل الكيماويّ الحاصل، تظهر فيه المادّة أو المواد المتفاعِلة والموادّ الناتِجة مُمكثفه.

مَعدِن (Mineral): مادّة تتواجَدُ طبيعيًّا ولَيست نباتيّة أو حيوانيّة، مثل الصخر والحامات الفِلِزّيّة والفحم والنفط والغاز الطبيعيّ.

مُغلفَن (Galvanized): حديد مَطليّ بالزِّنك لوِقايته من الصَّدأ.

المِغنطيسيّة (Magnetism): قوّة الجَذب أو النفور اللامنظورة بين بعض الموادّ، وبخاصّةٍ الحديد.

مُفاعِل (Reactant): أحد العناصر أو الموادّ الدّاخِلة في تفاعُل كيماويّ مُنتِجةً موادّ جديدة.

مُفاعِل نوويّ (Nuclear reactor) تركيبة يحدُثُ فيها تفاعُل نوويّ مُتسلسِل يُمكِنُ التحكُّم فيه.

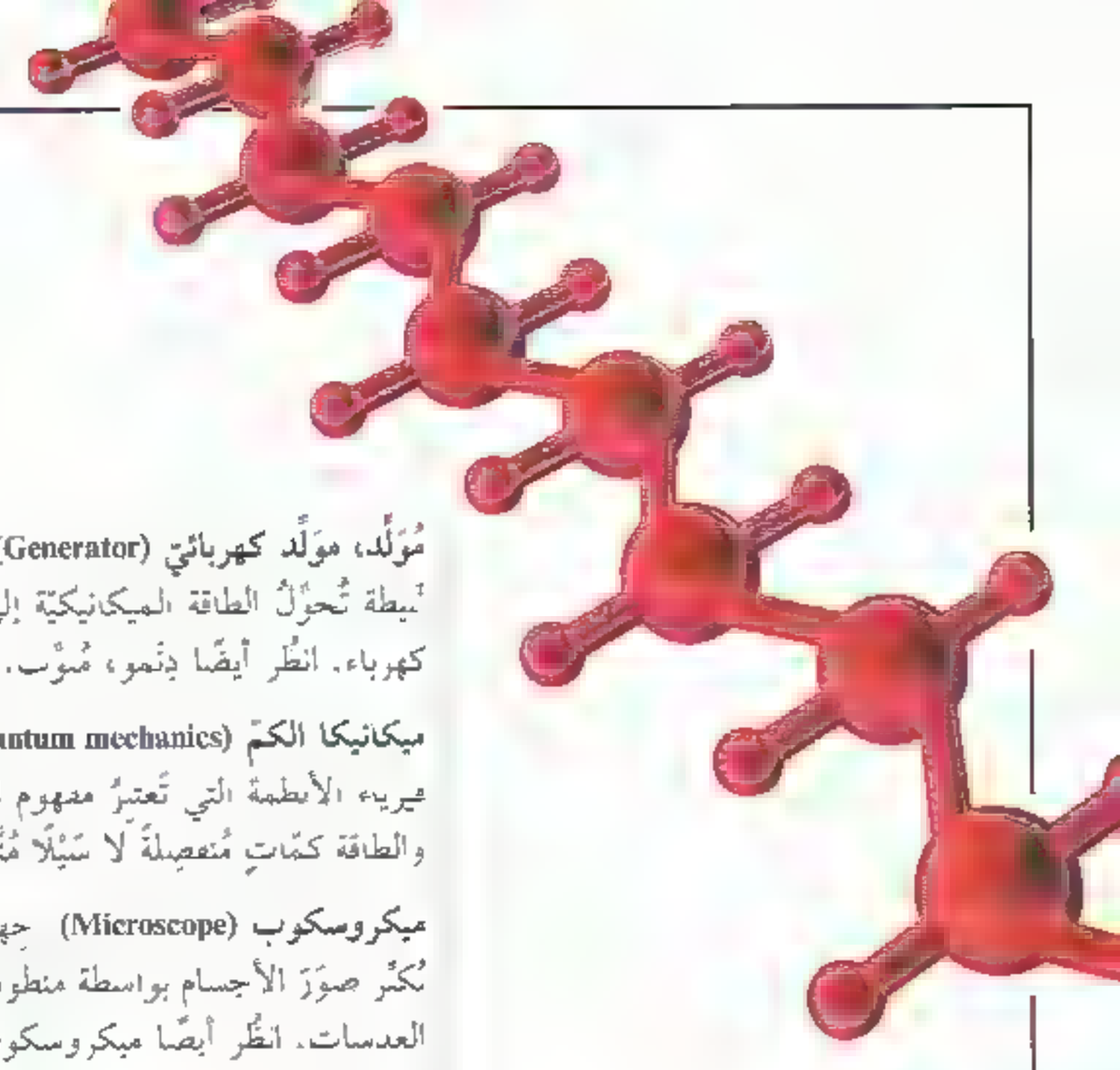
مُقاوَمة (Resistance): مِقياسُ مُضادّةِ المُركّبة أو العنصر الكهربائيّ في الدارة لسَريان تيّار كهربائيّ.

مُقاوَمةُ الهواء (Air resistance, Drag). القوّة التي تقاوِم حركةَ جسم في الهواء.

مقياس فَرنْهَيت (Fahrenheit scale): مقياس لقياس درجة الحراره وضعه غابريل فرنْهَت (1686-1736)، وفيه يتجمّد الماء بدرجة 32. انظر أيضًا سلسيوس، كِلفن.

مُكثِّف سَعَويّ (Capacitor) نَبيطة تُستخدَم لتخزين الشّحنه الكهربائيّة مؤقّتًا.

مِلْح (Salt). مُركّب يَتكوّن من تفاعُل حامِض وقاعدة.



مُنظِّف كيماويّ (Detergent): مادّة كيماويّة تُساعِد في حلّ الأقذار والدهون في الماء، وتُستخدَم في التنظيف.

مُنوِّب (Alternator) مولِّد كهربائيّ للتيّار المُتناوِب.

موجة حاملة (Carrier wave) موجة تُعدَّلُ سَعَتُها أو تردُّدُها أو طَورُها لنقل إشارةً لاسلكيّة.

مَوجة صَدميّة (Shock wave) موجة عالية السَّعة تزيدُ فيها سرعةُ الزُّمرة على سرعة الطور. وفي الهواء، انتقال مُفاجِئ من سرعة دون الصوتيّة إلى سرعة فوق الصوتيّة.

مَوجة صُغريّة (Microwave) نوع من الإشعاع الكهرمغنطسيّ وهي موجة راديويّة قصيرة جدًا

مَوجة طوليّة (Longitudinal wave) موجه يهتزُّ فيها جُسيمات الوسط في اتّجاه مَسار المَوجة.

مَوحود أُحاديّ القُسَيمة (Monomer) جُزَيء أُحاديّ تتألَّفُ منه المَكثورات.

مَوشور (Prism): كُتلة شفّافة بخاصّة، مُثلّثة المَقطع العَرْضيّ.

مُوَصِّل (Conductor):مادّة تسمَحُ بانتقال الحرارة أو الشّحنات الكهربائيّة عبرها.

مُوَلِّد، موَلِّد كهربائيّ (Generator) آليطة تُحوِّلُ الطاقة الميكانيكيّة إلى كهرباء. انظُر أيضًا دِنَمو، مُنوِّب.

ميكانيكا الكمّ (Quantum mechanics) فيزياء الأنظمة التي تَعتبِرُ مفهوم المادّة والطاقة كمّاتٍ مُنفصِلةً لا سَيْلًا مُتّصلًا.

ميكروسكوب (Microscope) جِهاز يُكبِّر صوَرَ الأجسام بواسطة منظومة من العدسات. انظُر أيضًا ميكروسكوب إلكترونيّ.

ميكروسكوب إلكترونيّ (Electron microscope): ميكروسكوب يَستخدِمُ حُزمة أشعّة إلكترونيّة لتكوين صورة مُكبَّرة جدًّا لجسم.

نَشاط إشعاعيّ (Radioactivity): تفكُّك النَّوى في ذرّات المادّة يصحبُه انبعاث الإشعاع.

النظام الدوليّ للوحدات (SI units): نظام لوحدات قياس معياريّة تُستخدَم في العلوم. وقد حلّ هذا النظام محلّ نظام وحدات القياس الإمبراطوريّة ونظام وحدات السنتمتر و غرام والثانية. انظُر أيضًا وحدات إمبراطوريّة.

نظام العدّ الثنائيّ (Binary number system): نظام عدّ يقوم على عددَيْن هما 0 و1

نظرية الجُسَيمات (Kmetic Theory, Particle theory): نظريّة تقول إنّ الموادّ كلّها تتشكّلُ من جُسَيمات في حركة دائمة. لطريقة التي تتفاعلُ بها توضِّحُ حالاتِ المادّة الثلاث : جوامد وسوائل وغازات – والطريقة التي تتحوّل فيها من شكل إلى آخر تُعرف أيضًا بالنظرية الحركيّة.

نظير (Isotope): ذرّة من العنصر نفسه تحوي العدد نفسه من البروتونات لكنّ عددًا مُختلفًا من النيوترونات.

نُقطة الإنصهار (Melting point): درجة الحرارة التي يَتحوَّلُ فيها الجامد إلى سائل

نُقطة التجمُّد (Freezing point): درجة الحرارة التي يتحوَّل عندها السائل إلى جامد.

نُقطة الغَلَيان (Boiling point): درجة الحرارة التي يتحوَّل فيها السائل إلى غاز.

نَواة (Nucleus): الجُزء المَركَزيّ من ذرّة ويتألَّفُ من بروتونات ونيوترونات.

يتشكّل الماء من اتّحاد ذرّتي هدروجين وذرّة أكسجين.

نيوترون (Neutron). جُسَيم في نواة الذرّة لا يَحملُ شحنة كهربائيّة.

نيوترينو (Neutrino): جُسَيم دون ذرّيّ ليس له كُتلة ولا شحنه، وله فقط طاقه دَوَران، وهو من أنواع الليبتون.

نيوتُن (Newton - N): وَحدةُ قوّة تُسرِّعُ كُتلةَ الكيلوغرام مترًا في الثانية كلّ ثانية.

هالوجين (Halogen): اسم يُطلَق على عناصر تُشكِّل الفئة السابعة في جدول العناصر الدوريّ والتي تشتمل على الفلُور والكلور والبروم واليود.

هدروجين (Hydrogen): غاز عديم اللون والرائحة، عدده الذرّي 1 وجُزيئاته ثُنائيّة الذرّة، وهو أخفّ العناصر، يتّحد بالأكسجين فيُكوِّنُ الماء.

هـ س، أسّ هدوجينيّ، رقم هِدروجينيّ (PH) قياس لخُموضةِ لمحلول أو قلويّته، مداهُ من 1 إلى 14 (الرقم 7 لمَحلول مُحايد، ما فوقه قاعِديّ وما دونه حامِضيّ).

هِلالة (Meniscus): السَّطح العُلويّ المُقوَّس لسائل في أنبوب رفيع.

هيدروكربون (Hydrocarbon) مُركَّب كيماويّ يتألَّفُ من الكربون والهدروجين فقط.

الهَيْدروليّات (Hydraulics). دراسة الموائع في السكون و بحركة، خصوصًا في ما يتعلَّق بتصميم مَكِنات تعمَل بضغط الموائع.

هَيْدرومتر (Hydrometer) جهاز يَقيسُ كثافة السَّوائل.

وَحَدات إمبراطوريّة (Imperial units) وَحَدات أساسها اليارِدة والپاوند، وتُعرَف أيضًا بالوحدات البريطانيّة.

وَحدة المُعالجة المَركَزيّة (Central processing unit - CPU): القسم الرَّئيسيّ في الكومبيوتر المؤلَّف من ثلاثة أجزاء هي الذاكرة ووَحدة المنطق الحسابيّ ووَحدة التحكُّم.

وزن، ثِقْل (Weight): القوّة التي تَنجذِب بها كُتلةُ الجِسم نحو مَركزِ الأرض.

وزن ذرّيّ (Atomic weight): الذرّة مُتناهية الصِّغر، لذا تُقاس كُتَلُ ذرّات العناصر المختلفة بالنسبة إلى كتلة ذرّة الكربون 12- أحد نظائر الكربون، ويُقسَم الحاصِل على 12.

وَقود أُحفوريّ (Fossil fuel). وَقود تكوَّنَ على مدى ملايين السِّنين من بقايا الكائنات الحيّة، مثل الفحم والنِّفط.

مَسرَد (كَشّاف)

تُشير الأرقام **بالأسود** الداكن إلى المداخل الرئيسيّة، وتُشير الأرقام *المائلة* إلى تجارب وبيانات.

أ

آلات بسيطة 76
آلات قرْع 98
آلات موسقيّة **98-9**
قانٍ 98
آلات موسيقيّة مضبوطة 98
آلات نفخ 98، *98*
آلات وتريّة 98
آلثن 32
أينشتاين، ألبرت 75، 80، 81، **104**
أپاتيت 16
احتراق 31، 48، 64، 75، 88
محرّكات 89
احتكاك 35، **66-7**، 88
داخليّ 19
أحجار كريمة 16، 17
أحجار المغطيس **136**
أحواض رمل 21
اختبارات اللّهب **50-1**
احتزال 48
أحسدة 48
إدراك 110
إدنغتون، آرثر 104
إديسون، توماس 99
أذنان 85، **94**
ارتفاع 34، 69، *75*، 77
أرخميدس **24**، 77
مبدأ **24**، 25
الأرض
الحياة على **58-9**
مجال مغنطيسيّ/قُطبان 125، 134، 135
والخسوف والكسوف 104، 105
إزاحة 24
استشراب 51، *51*
إسفنن 76
أسان لَولَب 76
إشارات صوتيّة 137
أشباه فلزّات 46، 144
أشدّ بقاع الأرض برودة 87
إشعع 40، 43
حرارة 85، 92، **93**
إشعاعيّ **40**، 41، 44
اضمحلال 63
بطائر 43
أشعّة تحت الحمراء 93
أشعّة الشمس 92
أشعّة فوق بنفسجيّة 103، 126
أشعّة كونيّة 43
أشكال الحوامد والسوائل 10
أصباغ 120، **121**
أصبغة 56، 115
اصطناعيّة **50**، 56
طبيعيّة **121**
أصداء **95**، *97*، 147
أصوات 85
أصوات تحت سمْعيّة 97
إضاءة كهربائيّة 130
أضواء قُطبيّة **135**
إطارات 33
أطوال موجيّة، ضوء 22، 118
إعادة تدوير 75
أعداد ذرّيّة 47
أعماق المحيط 32
أعطية مرطبانات 90
أعلفة (طبقات الذّرّة) 42
أفلام **116-17**
أفلام آيماكْس 116
أقراص، تسجيل على 137
أقراص صغيرة 137
أقرص قابيل 99
أقراص ليّنة 148
أقراص مُشعّل 142
أقراص مُدمَّجة 148
ألوان 118
تسجيل **99**
إكزوسفير 30
أكسجين **30**
في الماء 20
في الهواء 28، *31*، 44
محلول 37
واحتراق *31*
انظر أيضًا تأكسُد، أوزون
أكسيد النُّحاس والمغنيسيوم 88
أكسينايت 17
التصاق **27**
إلكتروسكوب *127*
إلكتروليت 128، 132، *133*
إلكترونات
وذرّات 11، 40، 42، **43**، 45
ورقائق 144
إلكترونيّات 107، **144-5**
ألماس 12، 45
ألواح شمسيّة 62، 141
ألوان
جمْع 120
حائط *109*
رؤية 120
طرْح 120
عمى 120
فِلم فوتوغرافيّ 115
ألوان **118-19**
أحمر، أزرق، أخضر 115، **120**، **121**، 147
أساسيّة 115، **120**، **121**
أسود 121
أصفر، ماجنتا، سيان 115، **120**، **121**
أمواج الضَّوء **118-19**
حليط، في ضوء أبيض (قرص مُدوَّم) *121*
في قوس قزح 22، 118، **119**
مزْج 120-1
مُكمِّلة 115
وهم بصريّ 111
ألوان أساسيّة
للدِّهانات/الأصباغ **121**
للضوء 115، **120**
ألومنيوم 44، 49
أمياف بصريّة **107**
أمياف رحاحيّة 57
أمبير، أندريه – ماري 138
أملاح 10، **54**
أملاح الباريوم 50
أملاح الفضّة **54**، 114، 115
أملاح الفلوريد 54
أملاح الليثيوم 51
أملاح النحاس 51
أمواج صدميّة 83، 91، 96
أمواج ضوئيّة
ألوان **118-19**
ذُرى 102، 118
قرارات 102، 118
مرئيّة **102-3**
أمونيا 45
أمّيتر 128، **129**
أنبوب أشعّة الكاثود 147
إنترنت 149
انتشار 29
انحلال 20، 23
اندلاعات شمسيّة 125
انشطار انظر انشطار نوويّ
انصهار **15**، 29
انعدام الوزن 25، 70
الانعكاس 22، **106-7**، 119
زوايا 106، *106*
قوانين 106، *106*
أنفاق رياح 35
الانفجار الكبير 11
الانكسار **108-9**، *109*، 118
إلكترود 128، **132**، 133
قوانين 108
أنود 132، 133
أنيلين 50
أنيون 132
أورستِد، هانز كريستيان 138
أورون 44
طبقة 30
أوّل أكسيد الكربون 49
أونس، هايك كامِرلِنْغ 131
أوهام بصريّة *110*، **110-11**
في يدك ثقب *110*
إيثان 45
أيونات 45، 52، 65، **132**

أيونات سالبة 132
أيونات موجبة 132
أيونات الهيدروكسيد 52
ب
بارامغنطيسيّة 136
باردين، جون 145
بارومتر *33*
باريت 16
بالونات هواء ساخن 30، 91
بايت 148
بِتّ 125، 148
البحر الميت 23
بُخاريّ 11، 20
توربين 89
قارب 89
براتين، والتر 145
براكين 31
تحت الماء 23
برامج كومبيوتر 148
برامجيّات **148**
برج بيزا المائل 72
برق 49، 68، 123، **126**
برْنولي، دانيال 35
بروتونات 40، 42، **43**
بروميد الفضّة 54
برونز 14
برويلّيتشي، فيليبو 79
بريد إلكترونيّ 107، 149
بطّاريّات **128**، *128*، 132
يُعاد شحنها 128، 143
بطّاريّات جافّة 128
بطّاريّات حمضيّة رصاصيّة 128
بكتيريا 23، **59**
بكرات 78، **79**، *79*
بل، ألكسندر 95
بلازما 10، **11**، 74
بلاستيك 14، 56، 57
بلاستيك حراريّ 56
بلانك، ماكس 102
بلمسول 25
بلوتونيوم 44
بلّورات **16-17**
بلّورات أُحاديّة المَيْل 16، 17
بلّورات ثلاثيّة الزوايا 16، 17
بلّورات ثلاثيّة المَيْل 16، 17
بلّورات رُباعيّة الزوايا 16، 17
بلّورات سُداسيّة 16، 17
بلّورات الكوارتز 80
بلّورات مُعيّنيّة مُستقيمة 16
بلّورات مُكعّبيّة 16
بنديلات **72**
تتأرجح 72
بِنية شبكيّة 54
بوزِترونات 11
بوصلة 134، *135*، 136
بوصلة جيروسكوبيّة 134
بوليثين 56
بوليمرات/سلاسل بوليمرات **14**، 56، 57
بويل، روبرت 28
بيركن، وليم 50
بيرومتر **86**
ت
تأرجُح **3-72**
تأريخ العلماء 43
تأكسُد **48**، 59
تأكُل 48، 133
تأكُل بالصدأ 48
تباطؤ 68، 69
تبخُّر **18**، 20
تبرُّد *17*
تجارب **6 7**
تقدير الأخطار 6
حوادث 6
رمور 6
سلامة 6
مفكّرة تجارب 7
تحمُّد 18
تحديد صدويّ 95
تحرُّك 64
تحليل كمّيّ 51
تحليل كيماويّ 51
تحليل نوعيّ 51
تحوُّل الحالات 10، 18، 86
تحطيط حراريّ 93
تداخُل 102، 118
إتلافيّ 102، 118
بنّاء 102، 118
تدويم **3-72**
تدويم المُتزلّدين 73
ترابُط 14، **45**
ترابُط إسهاميّ 45
ترابط أيونيّ 45
ترابط فلزّيّ 14
ترانزستور 125، 144، **145**، *145*، 148
تردُّد 96-7، 98
ترسُّبات كلسيّة 55
ترشيح 21
ترشيح الماء *21*
ترموستّات 90
ترمومتر **86**، *87*، 90
تروبوسفير 30
ترست 32
تسارُع **9-68**
تسجيل 99
تسجيلات **99**، 137
تسخين كهربائيّ 130
تصعيد **29**
تصعيد صدّ الصدأ 133
تصوير بالرّنين المغنطيسيّ 124
تصوير فوتوغرافيّ 114، 115
تصميم 146
تضمين التردُّد 146
تعرُّف إلى صورة 111
تعويم مغنطيسيّ 137، 138
تفاعل طارد للحرارة 48، 88
تفاعُل فوّار *29*، *49*
تفاعُل ماصّ للحرارة 48، 88
تفاعُل مُتسلسل 41
تفاعُلات، انظر تفاعُلات نوويّة
تفاعُلات كهربائيّة 49
تفسُّر أحيائيّ 102
تَفلْوُر 103
تقصُّف **13**
تقطير **50**
تقلُّص **1-90**
تكبير صورة 113
تكثُّف **18**
تلسكوب عاكس **107**
تلسكوب كاسر **108**
تلسكوب هابل الفضائيّ 105، 112
تلسكوب هوبي – إبرلي 107
تلسكوبات 107، 108، **112**، 147
تلسكوبات راديويّة 147
تلغراف لاسلكيّ 147
تلفريوبات 120، 131، **147**
تلفونات 107، **139**
تلفونات نقّالة 139، **146**
تلوُّث 22، 52، 74
تلوّث الهواء 74
تماسُك **27**
تمثيل ضوئيّ 58، 59، 59
تمدُّد **1-90**
توتُّر سطحيّ 19، **7-26**، *27*
توربينات 32، 62، **140**
توربينات رياح 74
توصيل 46، 85، **92**، 140
توصيل فائق 87، **131**
توقيت شمسيّ 81
توقيت غرينتش العالميّ 81
توقيت نجميّ 81
تيّار كهربائيّ **128**، 131، 140، 142
قياس 129
ومجال مغنطيسيّ 143
تيّار كهربائيّ رئيسيّ **131**
تيّار مُناوِب 140، 141
تيّار مستمرّ 140
تيّارات الحَمْل 93
تيّارات الهواء 35، 93
ث
ثاني أكسيد الكبريت 52
ثاني أكسيد الكربون 45، 56
إنتاج *29*
في الهواء 30، 31
مُعادَلة 45
وتفاعُل فوّار *29*، *49*
ثقوب سوداء **71**، 81

ثلج 20
ثمار حمضيّة 52
ثيرموسفير 30

ج

جاذبيّة 63، **70-1**، *75*، 104
الأرض 70
وقطرات مياه 19
ونجوم 105
انظر أيضًا مركز الجاذبيّة
جاك، شارل 28
جبس 17
جت 74
جدار الصوت **96**
جداول زمنيّة 10-11، 40-1، 62-3، 84-5، 102-3، 124-5
جدول دوريّ **47**
جرّ 62
جراحة إعتام عدسة العين 109
جرس 94
جرمانيوم 144
جزيئات **40**
بنية **45**
تتحرّك **84-5**، 90
سلاسل **56**
في السوائل 10، 18
في الغازات 10، **28**
ماء 20
نمادج 45
جسم الإنسان
أنسجة 58
تفاعلات كيماويّة 59
حرارة **93**
حلايا 58
دم 37
دهن **92**
عظام 16
عدّة نُخاميّة 59
نبضات القلب 124
هرمونات 59
هضم 59
جُسور 90
جُسيمات 40، **43**، 63، 125
جُسيمات دون ذرّيّة 40، 43، 125
جسيمات ضوئيّة 102
جلبرت، وليم 136
جليد 15، **20**
انصهار 10، 15
جُزيئات **23**
قطع *15*
جليد حافّ 29
جَمَشت 17
جناح شغّل بالطاقة الشمسيّة 141
جناح، طاقة شمسيّة 141
جناح هليوس 141
جناحا طائرة 34
جهارة الصوت **94**، 95
جوامد **10**، 12، **14-15**، 29
تمدُّد وتقلُّص 90
انظر أيضًا بلّورات، ماء
جوامد بلّوريّة 10، **16**
جوامد لابلّوريّة 10، **16**
جول 88
جول، جيمس 88
جيروسكوبات **73**، 134

ح

حامض 52
حامض السيتريك 52
حامض الكبريتيك 52، 54
حامض النّتريك 49، 54
الحامض النوويّ الريبيّ المنقوص الأكسجين *انظر* د ن أ
حجم 13، **22**، 28
حدّ المُرونة 13
حديد 43، 48، 134، 136
أكسيد 48
بُرادة 137، 138
صهْر التنقية 48
حرارة
أشعّة (أمواج) 93
انتقال **92-3**
حركة 85
مصادر **84**
واحتكاك 66
ودرجة حرارة **86-7**
وطاقة 62
وطاقة ميكانيكيّة 89، *89*
وغازات *91*
وكثافة *23*
انظر أيضًا موصّلات، محرّكات حراريّة
حرارة كامنة 86
حركة 64
مصادر 62
وحدة *انظر* جول
انظر أيضًا اندماج نوويّ، انشطار نوويّ
حريق 48
وأكسجين *31*
حُرَم (جزيئات/ جُسيمات) 18، 20
حفّاز 49
حليب (لبن) 36
وتوتّر سطحيّ 27
حمّة 86
حَمْل 85، **91**، 92
في الماء **93**
حُمَم 11
حموّ عالميّ 30
حُموضة 53
حنفيّات (صمامات) الماء 21
عُسْر 55، *55*
حوّامة 66، *66*
حوامض **52-3**
حياة وَحيدة الخليّة 58
حيتان، غناء 96

خ

خامات 14
حذْش 12
خرسانة 12، 15، 90
خُسوف قمريّ 104
خسوف وكسوف **104**
توقُّع 105
خشب، احتراق 75
خطّ
خطّ التاريخ **81**
خطّ التاريخ الدوليّ 81
خطّ حديديّ ثالث 142
خطوط الطول 80
خطوط مجال مِغنطيسيّ *137*
خفافيش 95، 97
خلائط **36-7**
سوائل *36*
خلايا شمسيّة 62، 141
خلايا، في أشكال الحياة 58
خَلوطة 36
خواء 70، 85

د

د ن أ 39، **59**
دارات إلكترونيّة **131**، 144، 145
دارات كهربائيّة 130-1، *130*
على التوازي/ على التوالي *130*
دارات متكاملة 144
دالتون، جون 44
دامغنطيسيّة 136
تعويم **137**
دايود 144
دباب قُطبيّة 92
درّاجة هوائيّة **66**، 78
دراسة البلّورات بالأشعة السينيّة **16**
دراسة الطبيعة **119**
درجة الحرارة 10، **84**، **86-7**
تغييرات في 90
والسوائل 18
انظر أيضًا قوانين الغاز
دَسْر 34
دَفْع 62
دِكسُن، وليم 116
دلافين 35
دم **37**
دُمى الظلّ *105*
دنَمو **140**
دهانات 120، 121
دوّار الموتور 142
دورات **73**
ديسيبل **95**
ديفي، همفْري 132
ديمُقريطس 44
ديناميّة حراريّة 85
ديوتيرون 44

ديوتريوم 74
ذ
ذبذبات 84، 85، 86، 94
أمواج صوتيّة 95، 96، 139
صوت 85، **5-94**
وحرارة 92
انظر أيضًا آلات موسيقيّة
ذرّات **40 - 1، 42 - 3**، 44
بنية **42**
تحطيم 40، 41
حجم *42*
في الجوامد 10، 14، 16
في الماء 20
وألوان الضوء 119
انظر أيضًا روابط، ميكانيكا الكمّ، جُسيم دون الذرّيّ
ذرّات سيزيوم 80
ذكاء اصطناعيّ 149
ذهب 14، **36**، 46، 48
نقطة انصهار 15
ذو أبعاد ثلاثة 110، 111، 116
صور متحرّكة **117**
ذو بُعدَين 110، 111
ر ز
راديو **7-146**
رادبومتر 92
رأس روبوت 149
ربط مغناطيسيّ 74
ردّ فِعْل **65**
رَذرفورد، إرنست 43
رسوم متحرّكة *116*، **17-116**
رَعْد 68
رفْع أثقال 79
رقائق **5-144**
رقائق بلّوريّة 144
رقما 0 وَ1 125، 139، **148**
رقميّة
كاميرا **114**
رمل 36
روابط 10، 14، 15، **45**، 88
روّاد الفضاء
و صفر ج 70
و قوّة ح 69
زوافع 77، *77*
روبوتات **149**
رؤية 108، 109، 120
رياح 93
رياح شمسيّة 125
زئبق 22، 27، **46**
في ميزان الحرارة 86، 90
وتوصيل فائق 131
زاوية الضوء الوارد 106، *106*
زاويتا الورود والانعكاس 106، *106*
زبرجد 17
زجاج بلّوريّ 16
زَرَديّة 77
زنك 133
زيركون 17
س
ساعات *72*، 78، **80**
ساعات ذرّيّة **80**
ساعة بيولوجيّة **81**
سالب الشّحنة 126
سباق سيّارات 69
سباق مُقاوَمة الهواء **69**
سائك 14
سترلي، جون 66
ستراتوسفير 30
سُحُب 18، **19**
سديم 105
سراب **110**
سرعة **9-68**
تغيير 78
الصوت 68، 83، **7-96**
الضوء 68
سرعة اتّجاهيّة 68
سرعة انتهائيّة 70
سرعة الصوت 96
سرعة فوق سرعة الصوت 96
سطح انسياب رافع 34، 69
سطح مائل 76
سطوح مقوَّسة
عدسات 108
سعة 94
سعة الموجة 146
سفر عبر الزمن 81
سفن وطفو 24
سقوط 70
سقوط حُرّ 70
سلامة في التحارب **6**
سليّات، صور فوتوغرافيّة 115
سُلفات 54
سلك موصِّل 140
سليكا، بلاط عزل 92
سليكون 46، 144
خلايا شمسيّة 141
شرائح 125، 144، **145**
سليولويد 117
سَمْع 85، 96
حيوان 97
انظر أيضًا حهارة الصوت
سمْع الحيوانات 97
سمعيّات **95**
سمكة 67
كهربائيّة 141
سنة 80
سَنِيل، وليبرورد 108
سنون ضوئيّة 103
سوائل 10، **18-19**، 27
أشكال 18، 19
تمدُّد 90
جريان 18، **5-34**
حرارة/حَمْل *93*
خلائط 36
ضغط **3-32**
طبقات 22
كثافة **3-22**
موصِّلة 132
انظر أيضًا مياه
سونار 97
سُوَيداء الظلّ 104
سيّارات ساق 34
سيّارات كهربائيّة **143**
سيّارة
تصميد ضدّ الصدأ 133
سرعة 68، 69
صندوق مُسنَّات 78
عادم 49
كمّيّة التحرُّك 64
كهربائيّه 143
انظر أيضًا محرّكات
سيورغ، غلِن 44
ش
شاشة سينما 116
شاشة من بلّور
سائل 9، **17**
شبكة عصبيّة وذكاء اصطناعيّ 149
شبكة كهربائيّة 141
شبه الطلّ 104
شبه موصِّلات 46، **144**
شحم 66
شحنه كهربائيّة 40، 43
شحنان مُتصادّتان 63
شحص 104
شحصيّات الصور المتحرّكة 117
شرائح صُعريّة 46، 125
شريط مِعيطيّ 99
شُعر **76**
شكل انسيابيّ 35، **67**
شكل تأصُليّ 44
الشمس 30، **62**، 84، **125**
بلازما 11
تفاعلات نوويّة 102
والكسوف 104، 105
شوكلي، وليم 145
شيفرة ثنائيّة 99، **148**
ص
صابون 52، 53، 54، **55**
فقاقيع، ألوان في 118
صِبغ دوّار الشمس 53
صخور 14، 16
ساخنة **86**
الفضاء 88
صخور طباشيريّة 37
صفّارة إسعاف 97
صفر ج 70

صلاة **12**
صناعة كيميائيّة 50
صهاثر **131**
صواريخ 65، *65*
صواعد/ هوابط 37
صوت 84، 85
أمواج **85**، **94**، 96، *97*
اهتزازات **94-5**، *95*
تردّد **96-7**
سرعة 68، 83، **96-7**
مزْج 99
مؤلّف 99
انظر أيضًا أمواج راديويّة
صودا كاوية 52
صوديوم 45
أملاح 51
كلوريد **45**، 54
صوَر بولارويد **115**
صور ساكِنة 116
صوَر متحرِّكة **117**
صور مُحسَّمة حفيّة 111
صورة افتراضيّة 106، 107

ض

ضجيج 85
ضغط *15*، 28، **32-3**، 35
قانون **28**
الضغط الجوّيّ 32، **33**
ضغط عالٍ 33
ضغط مُنخفِض 33
ضغط الهواء **33**، *33*
ضغوط 90
ضوء 62، 106، *106*
ألوان الضوء الأساسيّة 115، **120**
سرعة 68
شعاع (وارِد ومُنعكِس) 106، 107
نضات 107
وظلّ **104-5**
انظر أيضًا انعكاس، انكسار، أمواج ضوئيّة، ضوء أبيض
ضوء أبيض 118، 119، 120، *121*
ضوء الشمس
فصْل **118**
وأقواس قزح 119
وتحويل الطاقة 75
ضوء طبيعيّ 102
ضوء مُستقطَب **103**

ط

طائرات 34، 35
ختار في أنفاق رياح 35
سرعة 96
طائرات تعليق شراعيّة 93
طاقة **62**، **74-5**
بقاء 63
تحويل 62، *75*
حركة 64
شكلان رئيسيّان 74
مصادر 62
وتفاعُلات 48، 49
وحدة *انظر* جول
وحرارة **88-9**
وعمل **76-7**
وقوى 62-3
وكتلة 63
انظر أيضًا اندماج نوويّ، بشطار نووي
طاقة حراريّة 84
طاقة حراريّة جوفيّة 74، 86
طاقة حركيّة 64، 74، *75*، 84
طاقة داخليّة 84، 86
طاقة شمسيّة 62
طاقة كامنة 74، *75*
طاقة ميكانيكيّة وحرارة 89
طحالب 58
طفْو *24*، **24-5**
حليد في الماء 23
طبقات السوائل 22
طموية 24، **25**
طقس 30، 33
طلْي بالفضّة 133
طلْي بالكهرباء **133**
طنين 94
طيران **34**، 91، 96
طيف 118، 119، *119*
طيف انتعاث 119
طيف امتصاص 119
طيف ضوئيّ 118، *119*

ظ

ظاهرة برْنولي 35
ظاهرة دوپلر **97**
ظلّ وضوء **104-5**
ظلال 104

ع

عادم سيّارة 49
عازِل 92، 129
عجلات مُسنَّنة 78
عجلة 76
عدّاد السرعة 68
عدسات **108**، 109، 112، 114
عدسة الشيئيّة 112
عدسة مُحدَّبة 108، 109، 112
عدسة مقعَّرة 108، 109
عزْل **92**
عزم حركيّ زاويّ 73
عسر الهضم الحامضيّ 53
عطالة **64**، *64*
علم الحياة 6، 7
علم فلك راديويّ 147
علم هيدروناميّ 34
عُلماء **6-7**
علوم **6-7**
عمود ڤلطائيّ 128
عناصر 40، **44-5**، 50
إشعاعيّة 40
اصطناعيّة 44
تفاعُليّة 47
جدول دوريّ 47
ذرّات 43
طبيعيّة 47
عيّنات كيماويّة (اختبار اللهب) 50-51
وأطياف 119
انظر أيضًا فلزّات
عناصر ما بعد اليورانيوم 44
عواصف مغنطيسيّة **125**
عيدان ثقاب 6
عيون 108، 109، 112
كاميرا 114
نبابيت ومحاريط 120
انظر أيضًا أوهام بصريّة

غ

غاز
إنتاج *29*
انتشار **29**
قوانين **28**، 91
عاز الزئبق 103
عاز طبيعيّ 62، 74
غاز النيون 103
غازات 10، **28-9**، 65
تقلُّص 91، *91*
تمدُّد 91، *91*
في الجدول الدوريّ 47
في الهواء **30**، 31
لزوجة 19
وحرارة *91*
وزن 28
انظر أيضًا سوائل، بخار
غاليليو 70، 72
غرافيت 45
غرفة فقاقيع 40
غرينتش، بريطانيا 80، 81
الغلاف الجوّيّ 28، **30**، 31، 112
انظر أيضًا ضغط
غوّاصات **25**، 32
غوّاصة الأعماق 32
غوّاصو أعماق البحار 25، *25*، **32**
بِذْلة 32
غوّص **24-5**
غير حلوطة 36

ف

فائدة ميكانيكيّة **76**، 77، 78، 79
فارادي، مايكل 132، 142
فتائل (لمسة ضوء) 130
فتيلة من التنغستين 130
فحم حجريّ
ومطر حامضيّ 52
انظر أيضًا وقد أحفوريّة

فرانكلين، بنجامين 126
فِرَق موسيقيّة 98
فِرّومِغنطيسيّة 136
فريسنل، أوغستين 109
فُسفور 120، 147
فعْل 65
فِعْل شَعْريّ **27**
فقاقيع 26، 118
فلزّات **14**، 16، **7-46**
تمدُّد 90
وكهرلة 132
انظر أيضًا موصّلات، تأكُّل
فلطيّة 141
فلكيّون 103، 112
فِلْم تتابُع *116*
فِلم فوتوغرافيّ 54، 114، **115**، 116
فُلِمِنغ
قاعدة اليد اليسرى 142
قاعدة اليد اليمنى 140
فوتونات 102
فوق سمعيّ/أمواج فوق سمعيّة **97**
فولاذ 14، 24، 48
فولتا، أليسّندرو 128
فوهلر، فِردريك 57
فيزياء 6
فيزياء الجسيمات 43
فيزياء القَرّيّات 87

ق

قاطرات 142
قانون بقاء الطاقة 63
قانون بويل **28**
قانون شارل **28**
قانون العطالة 64
قبّة كاتدرائيّة فلورنسا 79
قدرة شمسيّة **141**
قدرة هيدروليّة *33*
قِصَر البصر 108
قطار سريع **142**
قِطار مَهاوي 75، *75*
قطارات **142**
قطارات كهربائيّة **142**
قطارات ماغْليف 138
القطب الجنوبيّ 135
قطب جنوبيّ، انظر أقطاب جنوبيّة
القطب الشّماليّ 124، 125
قطب شماليّ، انظر أقطاب مغنطيسيّة
قُطبان مغنطيسيّان
الأرض 135
القطبان الشماليّ والجنوبيّ 134، 136، *137*، 138
متقابلان 63، 136، 137
قِلْويّة 52، 53
قِلْي **52**، 53
قماش مانع للماء (شاش) 26
القمر
حركة 63، **64-5**، 74، 78، 142
والخسوف 104، 105
والمدّ والجزر 71
انظر أيضًا قوانين الحركة، الوقت والحركة
قنبلة ذرّيّة 41
قَوابِس 131
قواعد **52-3**
قوانين الحركة 63، **64**
القانون الأوّل والثاني 64
القانون الثالث 34، 64، 65، *65*
قوانين الرافعة 77
قوانين علميّة 7
قوانين الفيزياء 64
قوانين الكهرلة 132
قوّة
دفع رافع 24، 25
دفع سفليّ 24، 25، 34
قوّة **12**
قوّة – ج 69
تسارُع **69**
قوّة جابذة 73، *73*
قوّة رفع صاعد 24، 25، 34
قوّة شديدة **63**
قوّة ضعيفة **63**
قوّة كهربائيّة 32، 128
قوس قزح 101، 118، **119**
على بُرَيكات 22
مُزدوج 101، 119
قوى
أساسيّة **63**
ميزان 72
وحركة 63، **64-5**
وطاقة **62-3**
وعمل 76

ك

كاتيون 132
كاثود 132، 133
كالڤِنات (ك) 87
كاميرات **114-15**، *115*، 116
كبّاس 33، 89
كبريت **46**
كبريتات النُّحاس، بلّورات 17
كتلة 10، **22**، **70-1**
وطاقة 63، **75**
وكثافة 13
وكمّيّة التحرُّك 64
كُتلة ذرّيّة نِسبيّة 47
كثافة وحرارة 12، *13*، 22، *23*، 24
كحول مُمَثَّل 51
كُرات السنوكر 64
كربون 44، 45
ذرّة **42**
كيمياء **7-56**
مركّبات 56
مُقاوِم للحرارة 57
كربون مُشِعّ 43
كربون–14 43
كربونات 49
كروموسومات 59
كرويّة (قطرات الماء) 19، **26**
كَسّارة الجوز 77
الكسوف 104، 105
حلْقة الماس 104
كلور 21، 28، 45
كلوروفيل 58
كلوريد 54
كلوريد البوتاسيوم 45
كمّ 63
كمّيّة التحرُّك 64، 73
كهرباء 32، 63، **124**
توليد **1-140**
خطّ حلقة رئيسيّ 131
شبكة 141
صهائر 131
عدّاد 131
مَورِد **141**
انظر أيضًا كهرباء ساكنة
كهرباء ساكنة 126، 127، *127*
كهربائيّة مغنطيسيّة **138**
كهرلة 49، **132**، *133*، 140
كَهرَمان 124
كهرمغنطيسيّة
أشعّة 80، 93
طيف كهرمغنطيسيّ 102
قوّة **63**
كوارتز 17
كواركات 43
كواشف 53، *53*
كواشف الحوامض 53
كومبيوتر
برامج خاصّة 117
صور متحرّكة **117**
لُغات 148
مُحاكاة 148
كومبيوترات **125**، **9-148**
انظر أيضًا دارات إلكترونيّة، أقراص ليّنة
كيماويّات 48
كيماويّات ثقيلة 50
كيماويّة
تحاليل 51
تفاعُلات 40، **9-48**، 88، 132
حرارة **88**
روابط 88
طاقة 75
عناصر انظر عناصر
كيمياء 6، 7، 40
كيمياء عضويّة 54
كيمياء كهربائيّة **3-132**
كيميائيّون 40، **50**

ل

لافلزّات **46 - 7**

لانْد، إدوِن 115
لاو، ماكْس ڤون 16
لزوجة 10، **19**، *19*
لسعة النحل 53
لمبات **130**
لوح دارات مطبوعة 125، **131**
لوڤنهوك، أنطون ڤون 113
لومُيير، أوغست ولويس 116
ليزر **3-102**
وأقراص مُدمَّجة 99
وصوَر ثلاثيّة الأبعاد 110

م
مؤثّرات خاصّة 116
مؤلّفات **99**
ماء **1-20**
إعادة تدوير 21
بخار 18، 20، 30
ترشيح 21، *21*
دورة **20**
سرعة الصوت عبر 96
شكل 19
ضغط 32
غَلْي 10، 55
قشرة انظر توتُّر سطحيّ
قطرات تحت الماء 19، 22، **26**
كثافة 22
المشي على 26
مقطَّر 37
انظر أيضًا جليد، هلالة، ماء مالح، حنفيّات الماء
ماء بارد، كثافة 23
ماء البحر انظر ماء مالح
ماء ساخن، كثافة 23
ماء مالح **23**، 25، **54**
ماء مُقطَّر 37
المادّة 10، 40، 44
حالات **10-11**، 20
خواصّ **12-13**
مادّة مُظلِمة **11**
مادّة نشويّة 59
ماركوني، غْيليلمو 147
مُتجدِّد أعظم 71
مُتخصِّصون بالكيمياء 50
مُتزلِّق البِرَك 26
متفجِّرات 91
مِثقاب نفخيّ 33
مجال مغنطيسيّ 103، **134**، 136، 137
الأرض 125، **134**
ضوء مُستقطَب 103
المشتري 135
وتيّار كهربائيّ 143
وكهرباء 129، 140
مجالات القوّة المغنطيسيّة 136، 137، *137*
مجرى هواء 34، 35
مجموعة بكرات 79، *79*
محاليل **7-36**
مُحرِّك احتراق داخليّ 89
محرِّكات 78، 84، 88، **89**
بنزين 77، 84، **89**
ديزل 84، 89
صاروخ 65
طائرات نفّاثة 84، 89
كيروسين 84
محرِّكات احتراق خارجيّ 89
محرِّكات أساسيّة 77
محرِّكات بنزين 77، 84، **89**
مُحرِّكات حراريّة 84، 88، 89
محزوز الحُيود 102
محطّات طاقة 32، 41، 74، 89، **140**، 141
محطّة طاقة كهرمائيّة **32**، 74، 140
محطِّمة ذرّات 40، 41
محوَر العجلة 76
مُحوِّل مُحفِّز **49**
محوِّلات 141
محوِّلات طاقة 125
مخطاط كهربائيّة القلب 124
مخطّط بيانيّ كهربائيّ 124
مُخمِّدة أصوات 94
مدّ وجَزْر 71
مدافع للإلكترونات 147
مديد البصر 108
مُذابة (مادّة) 37
مُذيبة (مادّة) 20، 37
مرآة مُحدَّبة 107
مرآة مقعَّرة 107
مرافيع **79**
مراكب 25، 66، 67
بُخار *89*
خطوط تحميل **25**
زلّاقة 35
مراكب زلّاقة **35**
مرايا 106، **107**
مُرتكَز (نُقطة ارتكاز) 77
مِرفاع إنشاءات 79
مركَّب إسهاميّ 45
مُركَّبات **15**، 36، **5-44**
مُركّبات أيونيّة 45، 54
مُركَّبات عضويّة 57
مركز الجاذبيّة/ مركز الكُتلة *71*، 72
مُرونة 12، **13**
مِزوَلة 104
مسارح 95
مسارح الظلّ 105
مَسْح المَوجات فوق السمعيّة 97
مُسرِّعة الجُسيمات 40، 43، **125**
مُسنَّنات **9-78**
تغيير *78*
مُشاهدات علميّة 7
المُشتري 46، 135
مُشِعّ *93*
مُشغِّل الأقراص المَرِنة 142
مصادر مُتجدِّدة 62، **74**
مصّاصات مُثلَّجة 48
مضادّ المادّة **11**
مُضخِّمات 125، 144
مَطّ 13، 74
مطر 18، 20، 55
انظر أيضًا قوس قزح
مطر حامضيّ 52
مُطفئة حرائق *31*
مَطيطة پوليمرات *57*
مِظلّيون، سقوط حُرّ 70
معادن 16
معادن ثمينة 47
مُعالِجة صُغريّة 144
مُعامِل (دليل) الانكسار 108
معدّات الكومبيوتر 148
معدن إطار نظّارة 13
مُعلَّقة 36
مغانط 134، **136-7**، 142
انظر أيضًا قطبان مغنطيسيّان
مغانط كهربائيّة **138**، 139، *139*، 142
مغنطيسيّة 124، **134-5**
مغنيتوسفير 134
مغنيسيوم 44، 47
سُلفات 47
مفاتيح 130، 138
ترموستاتات 90
ترنزستورات 144، *145*
مُقاوِمات 130
مقاومة، (موصِّلات) **130**
مُقاوَمة، انظر احتكاك
مقاومة الهواء 34، 35، 70، 142
مُقاوَمة الهواء أو السوائل 34، 35، 67
مقاييس درجات الحرارة 86، 87
مقياس (pH) **53**
مقياس سلسيوس للحرارة 86
مِقياس فارنهايْت 86
مقياس كالڤِن لدرجات الحرارة 87
مكابح 66
مُكبِّرات صوت 99، **125**
مكنات 138
مكنات الحركة الدائمة **67**
مكنات صادِمة 41
مكنات نسخ ضوئيّة 126، **127**
مكوك الفضاء
وبلاط العزْل 92
والكربون 57
والكومبيوتر 148
مُكيِّفات هواء 90
ملابس مضادّة للكهربائيّة الساكنة 127
مِلاحة 147
ملح
صخور 54

طعام 36، 54
ملح الطعام 54
منارة **109**
مِنبّذة 69
منديلييڤ، دمتري 47
منظار داخليّ **107**
مِنظار ذو عَينيَتَين **112**
مُنظِّفات 54، **55**
منظور **110**
مُنوِّب **140**
مُهندِسو الصوت 99
موادّ 40
موادّ ذكيّة **13**
موادّ سوداء 92
موادّ شفّافة 104، 108، 148
موادّ غير مغنطيسيّة 136
موادّ غير مُنفِذة 104
موادّ متعدِّدة الشكل 45
موادّ مَطيلة 13
موادّ مغنطيسيّة 136
مواشير 112، **118**
مواقع على الإنترنت 149
موتورات **142-3**، *143*
موتورات كهربائيّة **142**، 143، *143*
مَوجات حامِلة **146**
موجات رادار **147**
مَوجات راديويّة 124، **146**، 147، *147*
موجبة الشُّحنة 52، 126
موجة صدميّة 96
مَوحودات (مونومرات) 56
مودِم **139**
مورِّثات 59
موسيقى 85
آلات موسيقيّة **98-9**
صُنْع **98-9**
قنانٍ 98
موصِّلات **46**، 128، **129**، *129*، 132
موصِّلات فائقة 87، **131**
موصِّلات كهربائيّة انظر موصِّلات
موفين 50
مولِّد ڤان دي غراف 127
مولِّدات 32، 62، 89، **140**
مونغولفييه، جاك وإتيان 91
مياه 20
انظر أيضًا الغلاف الجوّيّ، صخور
ميزوسفير 30
ميكانيكا 63
ميكانيكا الكمّ **63**
ميكروسكوب 112، **113**، *113*
ميكروسكوب إلكترونيّ **113**
ميكروسكوب بصريّ **113**
ميكروسكوب ماسِح 40

ن

ناظمات نبْض القلب 124
نبائط إلكترونيّة 114، **125**
نباتات 30
انظر أيضًا تمثيل ضوئيّ
نبيطة للرؤية الليليّة **112**
نِترات 49، 54
نِتروجين 28، **30**، 45
أُكسيدات 49
غازات نبيلة 47
نجوم 41، 88، 103
ألوان/ حرارة 119
ثنائيّة **105**
وعناصر **44**
انظر أيضًا توقيت نجميّ
نجوم ثنائيّة **105**
نجوم هاوية **88**
نحاس 131، 132
نِسبة تعشيق المُسنَّنات 78
نِسبيّة عامّة **104**
نشاط إشعاعيّ 41، 43
نطاق تخلخُل 94
نطاقات (ذرّات) 136
نظائر **43**
نظائر مُشعّة 43
نظّارات 108
نَظَر، انظر عيون
النظريّة الذرّيّة 40، **44**
نظريّة علميّة 7
نظريّة النسبيّة 81، 104
نُظُم بلّوريّة 16
نغمات متوافقة 98
نفط 22، 62، 74، 84
بُقَع وحرائق 22
نفط خام 84
نقطة الانصهار 10، 14، 15، *15*
نقطة تبئير 109
نقطة تجمُّد 18
نقطة تلاشٍ 110
نقطة الغليان 10، *18*
نمط تداخُل 102
نواة الذرّة 40، 42، 63
نوتات موسيقيّة 98
نوويّ
اندماج **41**، 74
انشطار **40-1**، 74
تفاعُل 63
فيزياء 6
محطّات طاقة 41، 74، 140
مُفاعِل 41
نيازك 88
نيبسي، جوزيف 114
نيكل 136
نيوترونات 40، 42، **43**
نيوتُن، إسحق 50، **64**، 107، 118
انظر أيضًا قوانين الحركة

هـ

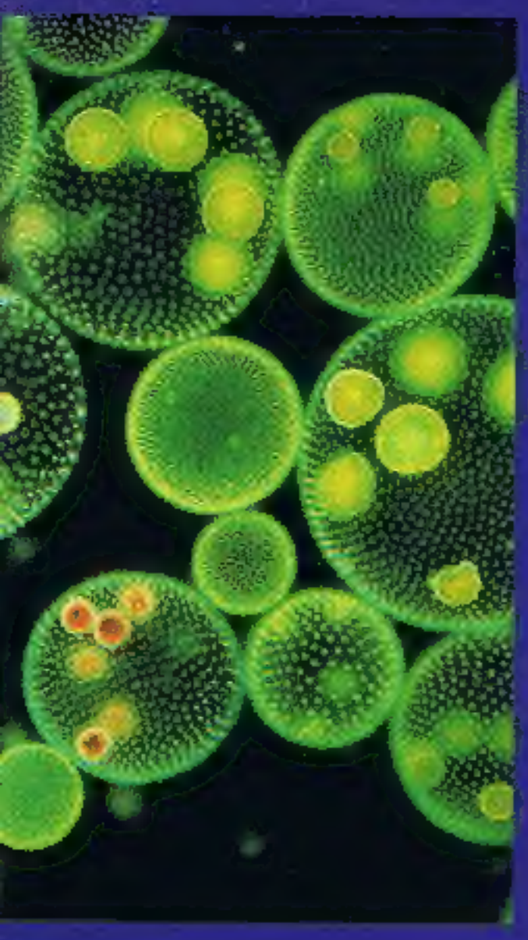
هِدروجين (هيدر) 20، 45
أيونات 52، 53
في النجوم 44
كبريتيد 28
واندماج نوويّ 41
هرتز 96، 97
هلالة 27
هليوم 44، 47
هنري، جوزِف 140
هواء 28، **30-1**، 32
أكسجين في *31*
اهتزازات في 94
بارد 91
ساخن 91
موجات صوتيّة 85، 94
هواء مضغوط **33**
هوك، روبرت 113
هيڤِنز، كرِستيان 72

و

واقع افتراضيّ 148
وحدة العمليّات المركزيّة 148
وزن، ثقل 26، **70-1**
وإزاحة 24، 25
وكثافة 13
وزن ذرّيّ 47
وقت
ظلال 104
مناطق 80، 81
وحركة **80-1**
وقد أُحفوريّة
احتراق 48
مُركّبات كربونيّة 56
مصادر الطاقة 30، 62، 74
انظر أيضًا مُحرِّكات حراريّة
وُقُد، انظر وُقُد أحفوريّة
وَهَن النَّفّاثات 81

ي

يانسكي، كارل 147
يود 29
يورانيوم **40**، **41**، 44
يوريا 57
يوم 80، 81



نَظَرِيّات وَتَطبيقَات

العلوم

تَجارب تُنيرُ العقول وصوَر فوتوغرافيّة مُذهِلة تَبعَثُ الحيويّة في العلوم.

اِكتشِفِ العلوم وتطبيقاتِها، من المبادئ التي تُفسِّرُ العالَم من حولنا إلى النَّظَريّات وراء التِّكنولوجيا الحديثة المُتسارِعة.

اِختبِرِ النَّظَريّات في أكثر من 60 مشروعًا عِلميًّا.

أحدَثُ تِقْنيّات المعلومات المَرئيّة تُساعِدُ في إيضاح التَطوُّرات العِلميّة المُتلاحِقة.

حافِل بالحقائق حول العُلماء المَشهورين، والتِّكنولوجيا الحديثة، وغير ذلك الكثير.

وسيلة مُدهِشة لتكونَ سَبّاقًا في مِنهاجِك الدِّراسيّ ولتَكتشِفَ العلوم بنَفْسك.

ISBN 9953-33-931-7
9 789953 339313
THE WAY SCIENCE WORKS
(ARABIC BUTTERFLY BOOKS)

مَكتبة لبنان ناشِرون
راجع موقعنا على الإنترنت: www.ldlp.com